

تأليف

أ. د. محمد محمد حامد
كلية الهندسة ببور سعيد

القاهرة – العام 2007

استمارة بيانات الفهرسة أثناء النشر
تنبيه هام
مطلوب من المؤلفين والناشرين وأصحاب المطابع موافاتنا بالبيانات التالية علي أرقام الإيداع والترقيم الدولي

	البيانات			
عنوان الكتاب Title	شبكات المدن			
المؤلف Author	أ. د. محمد محمد حامد			
الطبعة Edition	الأولي			
الناشر Publisher	المؤلف			
عنوان الناشر Adress	كلية الهندسة – بور سعيد			
تاريخ النشر Date	2007			
بيانات الوصف المادي	عدد الصفحات	مقياس النسخة	السلسلة	التجليد
	306	A4		
المطبعة Printer	طباعة إلكترونية – بنك المعلومات العربي			
عنوان المطبعة Adress	6 ش أنس بن مالك – المهندسين - القاهرة			
ضع علامة إذا كان بالكتاب ببليوجرافية				
وصف الموضوع	شبكات الكهرباء للمدن الكبيرة والصغيرة والمتخصصة ونظم المغذيات من كابلات أرضية والتأريض وكيفية التوزيع بين الأحياء وأحمالها الكهربية وإضاءة المدن والمصابيح المستخدمة			
اللغة الأصل	العربية			
الترقيم الدولي I. S. B. N.				
السعر				
محقق / مترجم	محقق			

مع ملاحظة أن البيانات الخاصة برقم التصنيف ورؤوس الموضوعات سوف تكون من مسئولية الشئون الفنية بدار الكتب المصرية
ملحوظة:هذه البيانات لا تنطبق إلا علي العنوان ولا تعمم في عناوين أخري.

بيان تفصيلي بالشكل العام لمحتوي الكتاب

الفصل / عدد	الجداول	المعادلات	الرسومات	الصور	الصفحات
الأول	24	17	13	2	38
الثاني	24	77	29	4	48
الثالث	2	12	9	3	20
الرابع	22	1	23	-	32
الخامس	25	5	13	-	34
السادس	10	-	18	-	26
السابع	16	-	6	-	28
الثامن	10	2	10	8	22
التاسع	2	-	3	12	16
العاشر	18	11	4	-	30
إجمالي	153	125	128	29	294

المحتويات

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

تعد كهربة المدن من الموضوعات التي تحظى باهتمام المتخصصين في الآونة الأخيرة، حيث تدخل ضمن أعمال التخطيط خصوصا ومع النشاط التعميري المتزايد مما يضع هذا الموضوع علي قائمة التخطيط الكهربي وهو ما يزيد من أهمية هذا الكتاب بما تضمنه من معلومات وأساسيات هندسية للنظر فيه من الناحية التكنولوجية والتخطيطية.

لما كانت الإضاءة أكثر الأحمال تأثيرا في المدن عموما فقد حاولنا إلقاء الضوء علي الأحمال من الناحية القياسية ثم كيفية تحويلها إلي أحمال واقعية مطابقة للواقع ومتمشية مع التخطيط السليم ثم التوجه بكيفية نقل هذه الأحمال داخل المدينة عبر كابلات أرضية وتحت أرضية حماية للأفراد والمواطنين القاطنين بها، وتعرضنا بشكل أكبر وضوحا مع هندسة الانارة والتي تتبع في إنارة الشوارع ومنها تم التحول إلي الهندسة الخاصة بالتحكم في الإضاءة من خلال أجهزة خاصة وكيفية التحول بها والتعامل مع إشارات المرور في المدن والتغلب علي مشكلة التتالي المتتابع للإشارة الخضراء وفتح الطريق مع السرعات الثابتة للسيارات والناقلات داخل طرق المدينة.

من الناحية الأخري تعرض الكتاب إلي موضوع الكابلات الكهربية وكيفية تصميمها وأسلوب رميها (مدها) في توصيلات الشبكات الكهربية داخل المدن سواء كانت مدنا صغيرة أو كبيرة ويوضح الكتاب أيضا أنواع المدن المختلفة من حيث إستهلاكها للطاقة الكهربية في كلا النوعين من المدن (صغيرة وكبيرة) كما أفردنا فصلا كاملا عن المشكلات الفنية في الشبكات الكهربية بالمدن. من الواضح أن التزايد السكاني علي المستوي العالمي قد أدي إلي الكثير من التعقيدات في كافة المجالات الحياتية، أي أن هذه التعقيدات قد دخلت إلي إطار المنظومات الكهربية.

يقدم الكتاب أيضا مشكلات الفقد الكهربي في استهلاك الطاقة الكهربية داخل المدن ووسائل القطع الكهربي في بعض الحالات الفنية وشائعة الحدوث علي الساحة الميدانية في مجال النظم الكهربية. يتعامل الكتاب مع غير المتخصص في بعض الحالات بالرغم من تواجد عددا من التحليلات الرياضية وما تستوجبة من معلومات

مسبقة رياضيا إلا أن المادة الموجودة يمكنها التخلص من المعادلات الرياضية وفهم الشرح الهندسي لفيزيقيـة الموضوع ككل.

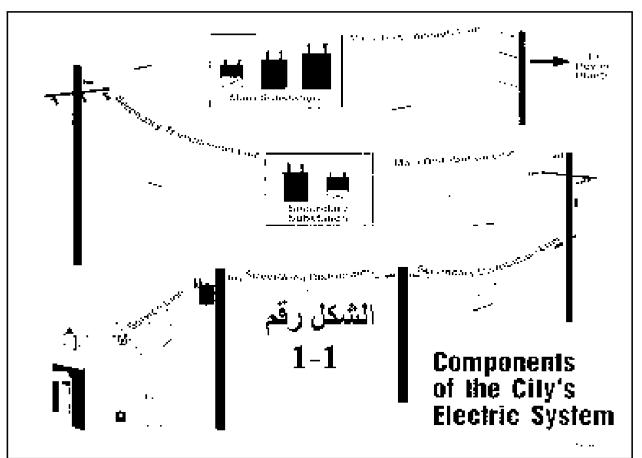
نظرا للتقدم العلمي سريع الخطي وحيث أن هذا التقدم يتوقف بشكل ما علي الطاقة الكهربية ومع الارتفاع في مستوي إستهلاك الفرد عالميا للطاقة الكهربية، مما جعل تخصص الهندسة الكهربية واحدا من تلك التخصصات التي تتأثر مباشرة بهذا التطور كما هي تؤثر فيه فلصبح علم الكهرباء في تقدم وتطور مستمر. مازال استخدام الطاقة الكهربية كوسيلة مباشرة لإنتفاع البشرية في كافة أرجاء المعمورة من وجود مثل هذه الطاقة والقادرة علي تلبية إحتياجات الإنسان ومن ثم زاد الإقبال علي الأدوات والآلات والمعدات والأجهزة الكهربية فجعل الحياة أبسط وأرقي مما كانت عليه، وأصبحت تعتمد أعتمادا كليا علي الأدوات الكهربية وهو ما إنعكس علي الجغرافية السكانية في جميع دول العالم، ولذلك كانت المدن وتخطيطها أو حتي إنشاء المدن الجديدة بالأسس العلمية مما جعله موضوعا حيويا يحتاج إلي المزيد من الدراسة بصفة دائمة.

هذا الكتاب بما يحتويه من مادة علمية يصلح لكل المهندسين الذين يتعاملون مع شبكات التوزيع الكهربية وخاصة للمهندس الكهربي وعلي الجانب الآخر فهو أيضا مرجعا للطالب سواء كان في كليات الهندسة أو المعاهد العليا التكنولوجية وكذلك لطلاب معاهد إعداد الفنيين وطلبة المدارس الفنية المتقدمة والمدارس الصناعية، ويقدم هذه المادة باللغة العربية مما يبسط الفهم ويساعد علي الرؤية الأوضح للعمل الهندسي.

المؤلف

مدخلات الشبكات الكهربية في المدن
ELEMENTS OF CITIES NETWORKS

الشبكات الكهربية داخل المدن تختلف عن تلك التي خارجها ففي خارجها نستطيع أن نعتمد علي الخطوط الهوائية سواء كان ذلك علي مستوى الجهد العالي والفائق بجانب الجهد المنخفض بينما داخل المدن لا يجوز اتباع هذا النمط لنقل الطاقة من مكان ما داخل المدينة إلي مدينة أخري، بل يجب أن تستبدل تلك الخطوط الهوائية بغيرها من الكابلات سواء كانت كبلات جهد عالي أو منخفض وهو ما يجب اتباعه من ناحية الأمن الصناعي والسلامة المهنية حفاظا علي الأرواح من الناحية الأخرى نرى أن الامتداد العشوائي العمراني بجانب الضرورة الملحة للتعمير المنتظم في ضواحي المدن المختلفة تدخل المباني في إطار الخطوط الهوائية ذات الضغط العالي ومع انتشار هذا التصور دخلت الخطوط الهوائية داخل المدن ورفعت من معامل الخطورة لتواجد مثل هذه الأسلاك بجوار المدنيين ومحال إقامتهم إضافة إلي التلوث والأضرار الناتجة عنه وتأثيرها علي المنطقة. من هنا يلزم بالضرورة إما إحلال الأسلاك الهوائية بالبديل من الكبلات الكهربية أو بوضع مناطق عازلة بين مسار هذه الأسلاك والأفراد ومعداتهم وأجهزتهم (أنظر الشكل رقم 1-1).



الشكل رقم 1-1

الحل الأخير يعتبر من الصعوبة البالغة لتحقيقه نظرا للحاجة إلي نظام إداري متشدد وقد يستحيل تنفيذه أو اتباعه ومن ثم يصبح من الأفضل اللجوء إلي إحلال تلك الأسلاك بالكبلات تحت الأرضية. بالرغم من ذلك فيمكن في بعض المناطق عند عبور الشوارع سواء بجوار المدن أو خارجها أو في الضواحي أن توضع طبقة أسلاك أفقية تحت أسلاك الجهد العالي كما لو كانت أرضية متكاملة لا تسمح بسقوط أي من أسلاك الجهد العالي إلي الأرض حماية للأفراد ومعداتهم. كما أن نوعية الأبراج التي تتصل بها هذه الأسلاك العابرة للطرق لابد وأن تكون من نوع أبراج الشد وهذه هي الضمانات الهندسية لتأمين عبور المشاة أو السيارات أو الناقلات عموما. في المدن نحتاج إلي توزيع منتظم للقدرة داخل المدن ومن ثم نضع النقاط التالية أساسا لوضع التخطيط السليم لتوزيع القدرة الكهربية في المدن.

1-1: الأحمال الكهربية النمطية
STANDARD LOADS

تتفاقم الكميات المستهلكة بصورة متزايدة لجانب ارتفاع نسبة الاعتماد علي الأجهزة الكهربائية لخدمة البشرية في كافة الميادين وقد صاحب ذلك حالتين من التغير الهام وهما الشكل العام للاستهلاك اليومي للطاقة الكهربائية ونسبة التداخل بين النوعيات المختلفة من الأحمال لكهربائية، ويقدم هذا الكتيب شرحا علميا وهندسيا لهذين المحورين مع تغطية كل الموضوعات ذات العلاقة معهما مبينا مدي أهمية التعامل مع هذه الموضوعات سواء في مجال التخطيط أو التصميم ولذلك يعتبر هذا الكتاب نافعا للمهندسين العاملين في مجال التخطيط والتصميم والتنفيذ بشكل خاص ولمهندس الكهرباء عموما كما يستفيد منه الطلاب في كليات الهندسة والمعاهد الفنية وكذلك المدارس الفنية وهو مبسط لدرجة كبيرة مساهما في إزالة عثرات اللغة الأجنبية والتعامل المباشر مع أدق البيانات باللغة العربية يعين علي الفهم وبسرعة ملحوظة.

تعتمد أعمال التخطيط **planning** الصحيحة علي دراسة كل ما هو متوقع مستقبلا طبقا للقواعد المنظمة لبناء الهيكل ذاته ويزيد علي ذلك أن يوضع في الاعتبار كل المفاجآت والتوقعات غير المنتظمة لكل الاحتمالات **probabilities** مستقبلا وتختلف هذه الأعمال حسب النوعية المطلوبة للدراسة وحيث أننا بصدد الشبكات الكهربائية **electric networks** فنتوجه إلي الأحمال الكهربائية **electric loads** وهي التي تعني الكثير للمصمم والمخطط غير أنها لم تلق الاهتمام ا لكافي كي تحصل هذه الأحمال علي وزنها من الشرح والتفصيل، وهنا نجد أنفسنا مضطرين للخوض في الفروع الأصلية لها بل والبدء من حيث المعني والمغزى حيث تعبر الأحمال الكهربائية تحديدا عن قيمة الكمية الكهربائية **Electric amount** التي تتم دراستها أو الكمية المعنية بصرف النظر عن أنها طاقة **energy** أو قدرة **power** أو غيرهما. يتسع الأفق في هذا المجال عندما يكون الحديث عن الأحمال بصورة مطلقة كهربائية أم غيرها فنجدها تأخذ نفس المعني سواء كانت أحمال علي الكباري والجسور**bridges** فنجدها تتمثل بكميات الوزن المارة عليه سواء كانت وزن **weight** أو عزم **moment** أو غيرهما ولنفس الحمل ولكن في تخصص آخر مثل المرور **traffic** فتعني كميات أو عدد السيارات المارة وعندما ننتقل إلي الهاتف **telephones** فنجد أعداد المكالمات التي تتم في آن واحد. التحليل هنا يصلح من حيث المبدأ لأي تخصص ما دام للتعبير عن هذه الأحمال داخل كل مجال يدور بنفس الأسلوب ولهذا نجد أن التعميم جوهري حتى نحصل علي أقصى مفهوم شامل ويكون صحيحا من الناحية الهندسية. جدير بالذكر أن كلمة أحمال تشمل المعني أي أنها تتكون من أحمال ولذلك نذكر مكوناتها الأصلية بالمسمى"الأحمال القياسية **standard loads**" حيث أنها تمثل أحمالا بالفعل قياسية لطابع نمطية المعني وبهذا نصل إلي المعني تحديدا حيث يجب البدء في دراسة الأحمال كلها من هذه الأحمال القياسية. هكذا نجد البداية بتصنيف الأحمال القياسية بصرف النظر عن قيمتها فنأخذها تبعا للتحميل الكهربي كنسبة مئوية من القيمة القصوى للحمل ولذلك نسميها أحمالا قياسية مطلقة لأنها بدون وحدات هندسية أو فنية، وهذا ما سوف نسرده في الفقرات التالية حيث نأخذ ستة أصناف من تنويع الأحمال القياسية لنتدارسها سويا وليصبح معها مفهوم الأحمال القياسية واضحا جليا لا يحتاج إلي المزيد من الشرح.

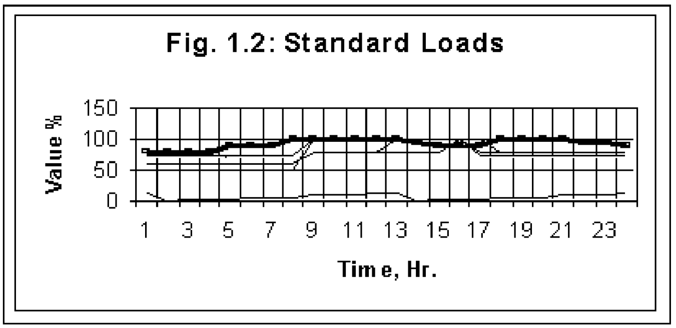
1- الأحمال الصناعية Industrial Loads

تمثل الأحمال الصناعية تلك الخاضعة لأعمال الصناعة بشكل عام ولذلك نضعها في شكل أكثر تفصيلا علي النحو التالي:

أ) <u>**مصانع كيميائية:**</u> هي الصناعات الكيميائية أو تلك الصناعات التي تعمل بأسس كيميائية فمنها منتجات المواد الكيميائية أو البويات أو الأدوية وغيرهم.

ب) **مصانع إنتاجية:** تعبر عن كل الصناعات التي تتم فيها العمليات الصناعية بالأسلوب الإنتاجي مثل مصانع الملابس الجاهزة أو مصانع العبوات سواء الغذائية أو بشكل عام. كما أن هذه الأحمال تتصرف بشكل شبه موحد وثابت فنجدها علي مدار اليوم الواحد تأخذ ثلاث مستويات من الطاقة المستهلكة فنجدها مثل النظام ثلاثي الوردية فهي نهارا ومن بداية الوردية الأولي ومن السابعة صباحا تصل الي قمة الاستهلاك وينخفض مع انتهاء الوردية الأولي إلي نسبة أقل 90 % لفترة محدودة يكون فيها العمل علي مستوي أدق لكل ما تم إنتاجه نهارا فتعود الي أعلي استهلاك ثم تنخفض ليلا وحتي الصباح وتدور الدورة الزمنية يوميا بنفس الأسلوب ولذلك يكون التغير فيها ضئيلا ولا يمثل وزنا ذو تأثير داخل الشكل العام للحمل.

ج) **الصناعات:** تمثل لصناعات الضخمة كنوع من الصناعات الهامة مثل الحديد والصلب أو الألومنيوم أو الأسمدة وغيرها . وهذه النوعية تكون غير متغيرة تقريبا من ناحية الاستهلاك الكهربائي إلا في أضيق الحدود فتأخذ مستويين هما القيمة القصوى والنزول تخفيضا بقيمة 25 % من القيمة القصوي كما في الشكل 1-2 حيث الأحمال 100 % نهارا ثم 75 % ليلا



كما أن الصناعات الخفيفة وهي النوعية المنتشرة بكثرة وتعمل علي كافة المستويات سواء القطاع العام أو الخاص فهي تشمل الصناعات الكهربية الإلكترونية مثل مصانع المذياع والتليفزيون ومكونات الكمبيوتر وملحقاته وغير ذلك من الدوائر التكاملية والمطبوعة.

جدول رقم 1- 1 : النسبة المئوية لمكونات الأحمال القياسية داخل الأحمال الصناعية

الحالة	خفيفة	كيمياوية	ثلاث ورادي	ورديتين	ثقيلة	غذائية
الأولي	10	5	30	30	20	5
الثانية	20		10	10	40	20
الثالثة	20	10	20	20	10	20
الرابعة	10	20	30	20		20
الخامسة	20	20		20	20	20
السادسة	30	20	10	20	10	10

هكذا فهي تعبر عن قطاع كبير شامل من الصناعة وتعمل غالبا في فترة عمل واحدة وهي الفترة الصباحية، كما أنها تعمل فترة نهارية بمعدل 100 % لنصف المدة وحوالي 80 % منها في الباقي من المدة بينما باقي اليوم بلا عمل. الصناعات الغذائية وهي التي كثرت وتزايدت في العقود الأخيرة فهي تستهلك القسط الأكبر من حياة البشرية علي البسيطة مما يضعها في مقدمة الصناعات الحديثة بعد تكنولوجيا الإلكترونيات ولهذا أدخلت هذه الصناعة نفسها داخل الوسط الصناعي وبشكل فعال رغم أنف المعارضين ولذلك أصبحت أساسية بالنسبة للصناعة، ويدخل في إطار الصناعات الغذائية التعليب الغذائي مثل الصلصلة والمياه الغازية والهامبورجر والمأكولات نصف مطهية وغيرها ونري في شكل 1-2 التسلسل لهذه النوعية من الأحمال. علي أساس التصرفات الهندسية المتشابهة يكون من الممكن أن نضع أشكالا نمطية للتصرف الكهربائي من الناحية الفنية وكيفية استهلاك كل منها للطاقة الكهربية وهو ما نستطيع إطلاق مسمي الأحمال القياسية عليها كما أنه من الهام التنويه إلي أن الأحمال الصناعية عادة ما تتركز في المدن وتعتبر الثقل الأكبر من الأحمال عامة داخل المدن.

في الحقيقة تتجمع هذه النوعيات المختلفة من الأحمال القياسية وبالشكل الأساسي لتغيرها الزمني المشار إليه ولكن بنسب متباينة وتعتمد هذه النسب فيما بينها علي طبيعة المكان أو الموقع أو المدينة أو القرية فمثلا في المناطق الصناعية نجد أن نسبة الحمل الكهربائي بالطابع الصناعي أكثر من غيره لأن نسبة تواجده بين بقية الأحمال كبيرة وفي المناطق الصناعية ذاتها تتفاعل طبيعة الأعمال الصناعية من كيميائية إلي ثقيلة أو خفيفة حسب الأحوال ولذلك كان من الواجب علينا دراسة التأثيرات المختلفة لطبيعة الأحمال الكهربية عندما تتباين هذه الأحمال بقيمتها فيما بينها داخل الإطار الصناعي ذاته كما بالجدول 1-1 بعضا من هذه النسب للدراسة والتحليل.

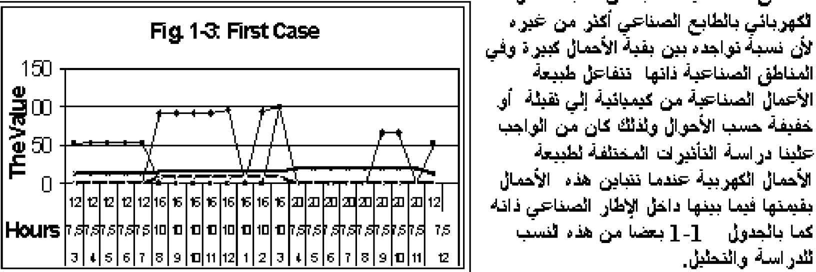


Fig. 1-3: First Case

نجد النسب المختلفة بين الأحمال القياسية المختلفة داخل الحمل الصناعي قد جاءت في ستة مجموعات ولكل من هذه الحالات السرقة نري التجميع الشامل لكل حالة

ففي الحالة الأولي حيث أحمال الوردية تصل إلي 60 % بجانب الصناعة الثقيلة 20 % تعطي انطباعا عن موقع صناعي من الدرجة الأولي حيث نوعية الصناعة ومدة عملها فنري الحمل الإجمالي من الناحية القياسية المطلقة (شكل 1-3) وهو ما يشير إلي الشكل النمطي للأحمال في هذه الحالة والتي تعبر بشكل عام عن ما هو متوقع عند المواقع من هذا الطابع فتفيد إلي حد كبير في التخطيط لإنشاء الشبكات بناء

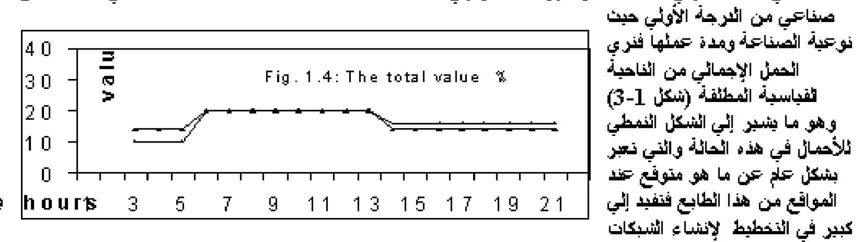


Fig. 1.4: The total value %

الكهربية. أما مع الحالة الثانية حيث ترتفع نسبة الصناعة الثقيلة إلي 40 % حيث نري الفارق بين الحالتين الأولي والثانية بشكل ملحوظ وإن كان بدرجة بسيطة

نتيجة أن الأحمال بالوردية قريبة الشبه من تلك في الصناعة الثقيلة فيكون علينا النظر في التغير التالي كما يظهر انخفاضا ملحوظا في الصناعة الثقيلة وتوزيع الفارق علي الوردية والصناعة الخفيفة في الحالة الثالثة مما يضع لنا التأثير الفعال عند النزول بمستوي الصناعة الثقيلة وتأثير ذلك علي الأحمال الكهربية القياسية صناعية الطابع (شكل 1-4).

2- الأحمال الزراعية Agricultural Loads

من أهم الأحمال الثانية والتي تأخذ الصبغة القياسية تأتي الأحمال الزراعية وهي تلك التي يمكن أن تتنوع إلي خمسة أنواع من حيث المبدأ علاوة علي أنه من الممكن أن تنضم إليها أحمال أخري عديدة (الشكل رقم 1– 5):

أ) الزراعة التقليدية Traditional Loads

تعتبر الزراعة من أهم الأحمال التقليدية التي كانت متواجدة علي البسيطة منذ القدم وهي من الأحمال التي تعتمد علي نمط الطاقة المستهلكة في هذه النوعية فنري في الشكل رقم 1 – 6 الطابع الاستهلاكي للطاقة الكهربائية اعتمادا علي نظام الزراعة التقليدية والتي تبدأ أعمالها فجرا وتنتهي قبل حلول المساء.

ب) الزراعة الحديثة (الميكنة)

Fig. 1.5: Agriculture Load

لجأت أساليب الزراعة الحديثة نحو الزراعة الشاملة والعامة وتحويل كل أعمال الزراعة إلي الأسلوب الإنتاجي فنجدها تسمي الميكنة الزراعية وتأخذ النمط الاستهلاكي المبين في الشكل حيث تعمل العمالة الزراعية ليلا ونهارا ولا تتوقف مثل التقليدية، كما ظهرت النظم الحديثة للزراعة في العقود الأخيرة نظرا للحاجة الملح ة للإنتاج الزراعي الوفير لتغطية حاجات البشر والناس في كافة أنحاء البلاد . فظهرت الابتكارات الحديثة ومنها صوب زراعية ويكون فيها التغير الكهربائي في الأحمال كما وردت وإن توقفت فتكون لفترة بسيطة وليس مثل العهد الماضي مما يفيد المنتجات الزراعية ويوفرها للمستهلك في كل الأوقات.كما تعتبر البساتين من أ ضرق المواقع الزراعية في مصر والدول العربية علي وجه العموم خصوصا وإنها تدر من الربح الوفير علي ملاكها ، وقد أصبحت الأحمال الكهربية في كافة الشئون الزراعية ذات أهمية وقيمة عالية حيث تتوزع علي طول اليوم الواحد استغلالا ل لزمن والوقت وتوزيعا للعمل والدقة فيه ، كما أن أسلوب الري قد تغير أو أستحدث منه العديد من النظم مثل الري بالتنقيط أو بالرش.

ج) استصلاح الأراضي

ظهرت في مصر أعمال استصلاح الأراضي منذ ثورة يوليو 1952كما نشأت المشروعات الزاعية المتباينة في مختلف الدول العربية، وقد زادت رقعة الأراضي المستصلحة وما زالت ولها من الأحمال الكهربائية حيث تتطور هذه النوعية من الأحمال وأصبحت تختلف عن ذي قبل. أخيرا وتجميعا لهذه الأحمال كافة في إطار التباين في نسبة المكونات داخل الأحمال الزراعية علي غرار ما تم بالنسبة للأحمال الصناعية فنأخذ ستة من الحالات المتباينة لتداخل هذه النوعيات من الأحمال الزراعية كما وردت في الجدول رقم 1-2 بدءا من التساوي التام بين كل الأحمال إلي اختفاء أي منها وغير ذلك، وتعتبر هذه الأحمال من أهم نوعيات الأحمال في المدن ولذا توضع في مستقبليات هذه المدن علي المدي القصير والأجل الطويل.

جدول رقم 1- 2 : النسبة المئوية لمكونات الأحمال القياسية داخل الأحمال الزراعية

الحالة	تقليدية	حديثة	صوب	بساتين	استصلاح أراضي
الأولي	20	20	20	20	20
الثانية	10	30	30	20	10
الثالثة	10	30	30	30	
الرابعة		40	30	30	
خامسة	20	10	10		60
سادسة	10	10	10	10	60

من حالة التساوي بين مكونات الأحمال الزراعية القياسية نري التغير التلقائي لنوعية الأحمال الزراعية بالرغم من أنها أحمال عادة ما تكون ضئيلة داخل الأحمال كافة في المواقع المدنية إلا إنها تكون الأعظم في المناطق الصحراوية حيث استصلاح الأراضي، كما أن الأحمال لزراعية تتزايد يوما بعد آخر لأن التطور العلمي لا يهدأ والهندسة الوراثية تؤتي بالثمار الجديدة وتستحدث المزروعات وتزيد منها كما وكيفا وتقدم للبشرية الحديث والمبتكر.

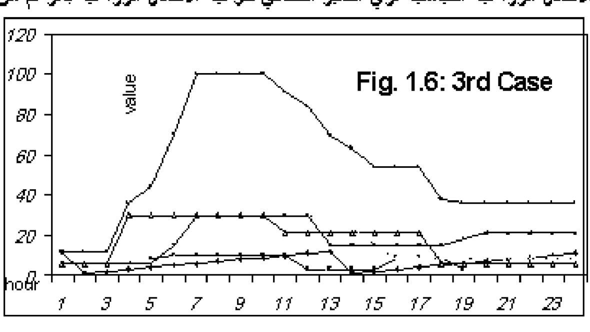


Fig. 1.6: 3rd Case

غير أن التغير في شكل الأحمال الكهربائية لذات الحمل بعد فترة ما قد يتغير نتيجة الابتكارات التي تظهر هنا وهناك فتزيد من أحمال نوعا وتقلل من الآخر وتضيف أنواعا بينما يختفي غيرها وهكذا فالعلم يسير ونحن نتبعه لنتطور معه ونضع الحلول القياسية لكل ما هو مبتكر وهذا واجبنا وعلينا ألا نهدأ مادام العلم عنوانا لنا. وتأتي الحالة الثانية حيث ترتفع فيها الأحمال الحديثة من صوب أو زراعة حديثة فتري الأحمال الأكثر يوميا وعلي مدار اليوم كاملا وقد تكون أكثر قليلا من تلك السابقة حيث كان التساوي ولذلك تظهر الأحمال القياسية عاملا أساسيا في كل الدراسات الكهربائية من حيث التخطيط وإنشاء الشبكات الكهربائية في المناطق الجديدة أو القديمة علي حد سواء. هكذا نجد الأحمال المستحدثة تعتمد علي الطاقة الكهربائية أكثر من غيرها سواء التقليدية أو تلك التي تخص استصلاح الأراضي فجميعها أظهرت هذا غير أن التغير الحقيقي قد يختلف في وقت عن غيره أو من موسم إلي آخر فهذه الأحمال تأخذ الطابع النمطي والمتوقع نتيجة الاستهلاك المعتاد كل في مجاله وهي جميعا أحمال توقعية وليست حقيقية ولكنها تقارب الواقع إلي حد كبير حتي في حالة الاختلاف فيكون بسيطا ولذلك يتم الاعتماد علي هذه الأحمال القياسية عند التصميم وتعطي نتائج صحيحة دون خلل، وهنا نشير إلي أن الأحمال الزراعية في العديد من المدن في بعض الدول العربية مثل ليبيا تشكل النسبة الأكبر من مجموع الأحمال بينما تختفي أحمال البساتين في الحالة الخامسة ، وأخيرا في الحالة السادسة ترتفع نسبة تواجد أحمال الاستصلاح أي تلك المناطق تحت الاستصلاح فتصل نسبة أحمال الاستصلاح إلي 60% من إجمالي الأحمال.

3- الأحمال التجارية Commercial Loads

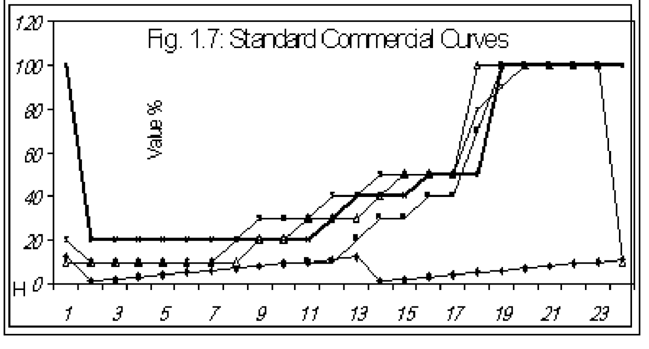
جدير بنا أن نتعرض لموضوع نوعية الأحمال التجارية وهي التي تتبع نظم التسويق والعرض ولذلك نجدها في تقسيم مبسط علي النحو الوارد في النقاط التالية كما يوضحها الشكل 1-7، ومنها المحال الصغيرة وهي التي تختص بصغار التجار وتشمل نوعيات عديدة مثل البقالة والقرطاسية والألبان والإسكافي والأعمال التسويقية الصغيرة وغيرهم من الأعمال التي نراها في الطريق للبيع من مأكولات ومحلات النسالي وغيرهم.

جدول رقم 1- 3 : النسبة المئوية لمكونات الأحمال القياسية داخل الأحمال التجارية

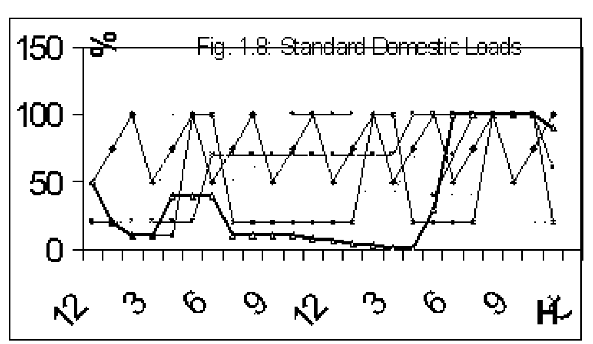
الحالة	المحال الصغيرة	محال ضخمة	أسواق	مناطق تجارية
الأولي	30	30	20	20
الثانية	40	30	20	10
الثالثة	60	30	10	
الرابعة	50	40	10	
الخامسة	30	40	20	10
السادسة	50	30	20	

أن هذا النوع من الحمل الكهربائي يتلاشى بعد منتصف الليل وحتى الصباح، وأيضا المحلات الضخمة والتي تمثل المحلات الكبيرة لكبار التجار ورجال الأعمال في مجال التسويق والبيع وهي عديدة ومنها علي سبيل المثال محلات البيع للقطاع العام مثل الصالون الأخضر وبنزايون وكذلك محلات القطاع الخاص الكبيرة مثل السي وبر ماركت وسلسلة الفروع الخاصة بالمأكولات الشهيرة ومحلات الأدوات المنزلية الكبيرة وكذلك المحلات التشاركية وغيرهم.

نجد الأسواق الشاملة وهي مجموعة المحلات الكبيرة في مكان محدد معا لعرض المبيعات في كافة التخصصات والمجالات وهي أكبر من المحلات الضخمة حيث تزداد الأحمال الليلية عن سابقه من أجل الإضاءة والحماية الآلية، وأخيرا تظهر المكاتب التجارية حيث تعتبر هذه المكاتب المقار الإدارية والمختصة بالبيع والشراء مثل البورصة ومقار عمل كبار التجار وتجار الجملة وغير ذلك وأحمالها قد تندمج داخل الأحمال الخاصة بالمناطق ال تجارية الشاملة وهذا لا يمنع أن تكون لها الأحمال الخاصة بها كما يمكن أن تتباين نسب الأحمال داخل مجمل الأحمال كما هو موضحا في الجدول 1 - 3.



لمزيد من البساطة نضع الحالات الستة للنسب المئوية لهذه الأحمال التجارية علي نفس النمط السابق فنجد في الحالة الأولي عن كثرة أحمال المحلات بينما الثانية تزيد فيها أحمال المحلات الصغيرة مثل الأحياء الشعبية، وفي الحالتين الثالثة والرابعة تختفي أحمال المناطق التجارية تماما وهو ما يعني التواجد في مناطق متوسطة أو مرتفعة أو مشتركة بين هاتين الحالتين مما يظهر معه زيادة كبيرة للمحلات الصغيرة وتصل إلي 60% في الحالة الثالثة و 50 % في الرابعة (الشكل رقم 1-7).



أما الحالتان الخامسة والسادسة فنجدها حيث الأماكن الأكثر رقيا نوعا ما في المدينة عن الحالات السابقة جميعا فتظهر المناطق التجارية في الحالة الخامسة فتتعدد الحالات كي تسمح لنا بالرؤية الشاملة كما نستطيع وضع نسب أخري غير المعروضة هنا كل حسب الأحوال.

4 - الأحمال المنزلية Domestic Loads

تأتي الأحمال المنزلية في المرتبة الأولي بين كل الأحمال حيث أنها أساسية وتدخل في كل المواقع وعلي كل حال فإن الأحمال المنزلية بدأت في التغير ع ن ذي قبل وقد تتغير مرات أخري تبعا للتطور التكنولوجي المستمر لخدم ة الإنسان وخاصة في المنزل بدءا من استخدام الخلاط والمطحنة وحتي الغسالات والسخانات والتليفزيون والمذياع ولجهزة الفيديو والكمبيوتر إلي ما سوف يبزغ علينا في الغد، من هنا نضع الفروع المختلفة للأحم ال المنزلية علي نفس النسق السابق اتباعه في حلقات طبقا للتطور في الاعتماد علي الكهرباء عن ذي قبل (شكل 1-8).

الأول: الثلاجات الكهربية *Refrigerators*

تمثل هذه الأحمال الجزء الأكبر والمؤثر داخل الأحمال القياسية من حيث انتشارها علي مستوي كبير ، كما أنه غالبا قد لا يخلو منزلا من مثل هذه الثلاجة والتي أصبحت من الضروريات الأساسية بدلا من المسمي المعروف القديم وهو الكماليات وإضافة إلي ذلك نجد أن طبيعة استهلاك الطاقة المنزلية قد تباينت بشكل كبير عن ذي قبل وتتغير بصفة دائمة مع كل جديد.

الثاني: التكييف والتهوية في المدن Ventilation

تلجأ معظم الأسر إلي الاعتماد علي أجهزة التكييف مع التطور النسبي في الشبكات الكهربائية والتي تتواكب مع القدرة علي تغطية هذه النوعية من الأحمال وبدأت أحمال التكييف في تزداد بشكل مذهل بجانب الأسلوب التقليدي في التهوية وهو الذي يستخدم المراوح الكهربائية، كما نجد أن الأحمال الكهربية في هذه النوعية تختلف شتاءا عن الصيف ولذلك نضعها ضمن الأحمال الشتوية لأنها الأكبر في أغلب المناطق والمدن التي تعتدل فيها درجة الحرارة مثل شمال أفريقيا أو أوروبا أما في المناطق الحارة فنجد ارتفاعا في أحمال التكييف صيفا.

الثالث: الإضاءة Illumination

نري أن استخدام الإضاءة قد تباين عن الماضي وأخذ شكلا مغايرا كما نراه وبالرغم من ذلك إلا أن الطابع العام مازال كما هو وسوف نتطرق إلي هذه النوعية من الأحمال الكهربية فيما بعد من هذا الكتاب.

5- الأحمال الخدمية في المدن Service Loads

تعتمد محطات ضخ المياه (كأحد أنواع الخدمات الرئيسية في المدن) وهي ما تخص سحب المياه من الترع والقنوات أو النهر وتنقيتها وتطهيرها ثم تخزينها وضخها إلي المرافق الأخرى سواء الحكومية والشعبية أو الخاصة والتشاركية بما في ذلك المنازل، ومن هنا نجد أن هذه الأحمال ككميات تعتمد علي الطريقة العامة لمعيشة الفرد وحاجته للمياه ومحاور استخدامه لها وتتميز بالتغير اليومي في مستوي استهلاك الطاقة لتشغيل هذه المحطات بالطابع الثابت تقريبا.

جدول رقم 1- 4 : النسبة المئوية لمكونات الأحمال القياسية (المجموعة الأولي)

حالة	مياه	كهرباء	صرف	إرسال	غاز	شارع
1	10	10	10	5	5	10
2	20	10	20	5	5	10
3	20	10	20	5		10
4	20	10	20	1		9
5	20	10	10	1		10
6	20	20	20	1		10

جدول رقم 1- 4 : النسبة المئوية لمكونات الأحمال القياسية (المجموعة الثانية)

حالة	ورش	مترو	فنادق	مدارس	مستشفى
1	10	10	10	10	10
2	5	5	5	5	10
3	10		10	5	10
4	5		20	5	10
5			20	9	20
6				14	15

جدول رقم 1- 5 : الأحمال القياسية المئوية (الحالة الخامسة)

س	مياه	كهرباء	صرف	إرسال	شارع	فندق	مدارس	مشفي
12	8	3	2	1	10	8	0.9	2
2	4	3	2	0,5	10	8	0.9	2
4	4	3	2	0,1	10	10	0.9	2
6	20	2	2	0,1		10	0.9	6
8	20	4	10	0,7		10	2.7	16
10	14	6	2	0,7		2	9	16
12	10	6	2	0,8		20	9	16
2	14	6	10	0,9		2	9	16
4	16	5	10	0,9		8		20
6	12	10	2	1	10	10	0.9	20
8	12	10	2	1	10	6	0.9	14
10	10	10	10	1	10	18	0.9	6

أ) محطات تغذية الكهرباء Supply Stations

يتزايد الإقبال علي استخدام الكهرباء يوما بعد آخر مما أعطي الفرصة لإنتشار محطات الكهرباء بكافة أنواعها في كافة الأرجاء وبذلك لا نجد مكانا يخلو من هذه المحطات وهي أيضا تستهلك الطاقة بشكل منظم يكاد يكون ثابتا ولذلك نرى التغير اليومي لاستهلاك الكهرباء في هذه المحطات وهو ما يضاف إلي قطاع الخدمات وإن كانت تتداخل هذه الأحمال بنسبة شبه ثابتة بين بقية الأحمال كما جاءت لحالات الست علي سبيل المثال في الجدول رقم 1-4 لتوزيع هذه الأحمال فيما بينها.

ب) محطات الصرف الصحي Drainage Stations

تمثل أحمال الصرف الصحي أحمال الطاقة الكهربائية اللازمة لشبكة الصرف الصحي أحمالا أساسية سواء داخل المدن أو خارجها وتتضخم هذه الأحمال في المدن الكبرى وتصل إلي ذروة الأحمال في العواصم الكبرى المزدحمة بالسكان وتتلاشى أو تنخفض بشدة في المناطق النائية غير الآهلة بالسكان وهي تأخذ أشكالا شبه ثابتة حيث التغير اليومي بشكله المعتاد والمتوقع.

ج) محطات الإرسال الإعلامي Satellite Stations

مع التطور السريع في قطاع الإعلام تنتشر محطات الإرسال الإذاعي والتليفزيوني في كافة الأرجاء وتتواجد علي الساحة الهندسية مما يجعل من الضرورة دخولها عند حساب الأحمال في منطقة ما مدينة أم قرية ، وتتميز المدن بتواجد العديد من محطات الإستقبال الفضائي بل وتتواجد المدن المتخصصة المتكاملة من هذا الطراز مثل مدينة الإنتاج الإعلامي بالقاهرة.

Fig. 1 - 9 : Total Standard Curves (all cases)

د) محطات رفع الغاز الطبيعي Gas Pumping Stations

مع ظهور الغاز الطبيعي في العديد من المواقع وحيث أن الغاز الطبيعي يعتبر من الوقود الصديق للبيئة – بخلاف المنتجات البترولية الأخرى – مما يدعوا الدولة أن تقبل علي تحويل كافة الاستخدامات البترولية نحو الغاز وقد بدأت في تنفيذ العديد من شبكات الغاز في كثير من المدن. دخلت في الاعتبار هذه المحطات اللازمة لرفع ضغط الغاز ونقله وتخزينه والسهر علي وقاية الأفراد والمعدات ضد الأخطار وهو ما يحتاج إلي استهلاك بعضا من الطاقة الكهربائية وإن كانت قليلة نسبة إلي غيرها من نوعيات الاستهلاك القياسية داخل قطاع الخدمات.

هـ) إنارة الشوارع Street Lighting

تعتبر إنارة الطرق العامة داخل المدن والشوارع الرئيسية والفرعية أساسا للرقي والتمدين وهو من الموضوعات التي تهتم بها الدولة فأحمالها الكهربائية محددة وتظهر ليلا فقط، ولما كانت الإنارة هامة في المدن فسوف نفرد لها عدة فصولا قادمة من هذا الكتاب.

ر) مترو الأنفاق والسكك الحديدية Metro Lines

ظهرت بالقاهرة الكبرى الأنفاق الكبرى تحت الأرضية ومترو الأنفاق شاملا مترو حلوان الذي يعتمد علي الكهرباء مما جعل لها من الأحمال ما يجب أن يدخل في الحسبان عند القيام بتصميم أو تخطيط لأعمال الكهرباء في هذه المدن، وهذه الأحمال تختفي في المدن العادية والقرى كما في الجدول 1-5 (الحالة الخامسة).

و) أحمال فندقية Hotel Loads

تنتهج الدولة أسلوبا فريدا لزيادة الدخل القومي سواء من خلال انتعاش المستوي السياحي ورفع كفاءة الخدمات لهذا القطاع فنجد الفنادق الراقية حيث تظهر بالمناطق السياحية أو المدن الساحلية والعواصم أو من خلال المنهج الإقتصادي المناسب، ونرى الحالة السادسة عندما تختفي أحمال الفنادق كما في القرى والمدن البعيدة.

جدول رقم 1- 6 : النسبة المئوية لمكونات الأحمال القياسية داخل الأحمال الإدارية

الحالة	أبنية حكومية	أعمال إدارية	شبكات معلومات
1	50	30	20
2	70	25	5
3	90	5	5
4	80	15	5
5	70	20	10
6	70	10	20

ي) أحمال مدرسية ومستشفيات Hospital & Schools

تشمل أيضا أحمال الخدمات كلا من الأحمال الخاصة بالتعليم والعلاج وهي ما تقوم به الدولة لرعاية أبنائها ولا يجب أن ننسي مجهودات الدولة سواء في بناء المدارس أوالمستشفيات علي أحدث النظم العالمية ونري الأحمال الكهربية لكلا الفرعين داخل قطاع الخدمات بالرغم من أنه يتضمن العديد من الخدمات الأخرى. كما أنه من النتائج السابقة نستطيع الحصول علي إجمالي الأحمال القياسية لبعض الحالات الست (الشكل رقم 1 – 9).

6- الأحمال الإدارية Administrative Loads

نظرا لما تم من ميكنة وآلية في العمل الإداري أصبح هذا النوع من العمل يعتمد إلي حد كبير علي الأجهزة الكهربائية مثل الكمبيوتر والكاتبات العربية والإنجليزية إضافة إلي وضع المراجعات واتخاذ القرار والتعامل بين المكاتب من خلال الشبكات المعلوماتية مما أدي إلي الاعتماد الكلي أحيانا علي الأجهزة والأدوات الكهربائية وبذلك تغير شكل الأحمال الكهربائية وزادت في تأثيرها ووصلت الي تلك المتغيرات التي أضحت جلية علي السطح مقارنة مع الماضي

تتنوع أشكال الأحمال الإدارية لتغطي المجالات التالية:

أ) الأبنية الحكومية

تمثل الأبنية الحكومية والشعبية الموقع الهام داخل الإطار الكهربائي استخداما فمنها الأبنية الضخمة مثل مجمع التحرير في القاهرة أو مواقع الأحياء أو المحافظات والمديريات المتنوعة وكلها تأخذ الشكل المحدد بينما تتواجد هذه الأحمال بدرجات متفاوتة من مكان لآخر كما جاءت في الجدول 1-6 والذي يظهر فيه التواجد المستمر لكافة الأنواع في كل الحالات.

ب) الأعمال الإدارية

تدخل في الاعتبار كل الاستخدامات الكهربائية لأداء العمل المنوط وهو ما نعتبره جوهريا في العمل ويشمل تلك الأحمال وقد ترتفع هذه القراءات مع التطور القادم في العالم خصوصا مع الإعتماد المتزايد علي الشبكات الإلكترونية سريعة التطور.

جدول رقم 1- 7 : الأحمال القياسية داخل الأعمال الإدارية (الحالة الثالثة والرابعة)

حالة	الثالثة				الرابعة			
س	أبنية	أعمال	معلومات	إجمالي	أبنية	أعمال	معلومات	إجمالي
12	27	0.5	0.5	28	24	1.5	0.5	26
2	27	0.5	0.5	28	24	1.5	0.5	26
4	27	0.5	0.5	28	24	1.5	0.5	26
6	27	0.5	0.5	38	24	1.5	0.5	26
8	90	5	3.5	98.5	80	15	3.5	98.5
10	90	5	5	100	80	15	5	100
12	90	5	5	100	80	15	5	100
2	90	5	5	100	80	15	5	100
4	18	2	1	21	16	6	1	23
6	18	2	1	21	16	6	1	23
8	27	2	1	30	24	6	1	31
10	27	2	1	30	24	6	1	31

ج) شبكات المعلومات Information Networks

ظهرت شبكات ا لمعلومات وما يشملها من نظام البريد الإلكتروني والإنترنت وما قد يظهر منها مستقبلا كأحدث وأفضل وذلك ساعد علي زيادة الأحمال الكهربية باستخدام شبكات المعلومات.

بتكرار الأسلوب نصل إلي القراءات الواردة بالجدول 1-7 للحالتين الثالثة والرابعة وجدير بالذكر أننا سوف نتطرق لحساب الطاقة من قراءات الأحمال للقدرة وهي ما تعني المساحة تحت منحني الأحمال وحتى تكون الدقة في الحسابات واضحة الرؤية حيث تكون الطاقة هي:

$$\text{الطاقة الكلية} = \text{القدرة عند كل قراءة} \times \text{فترة القراءة} \qquad (1\text{-}1)$$

من أجل التبسيط تتحول المنحنيات بين القراءات إلي خطوط مستقيمة مما يجعلها شبه منحرف الشكل والذي يتم في فترات زمنية ساعة كاملة فتكون 24 قراءة ويمكن حسابه بدقة بالمعادلة

$$\text{Energy} = \sum_{i=1,24} \{ (P_i + P_{(i+1)}) / 2 \} \times 1\ \text{H} \qquad (1\text{-}2)$$

2-1: المعاملات الفنية

مما سبق يتبين أنه من الضروري الإلمام بمنحنيات الأحمال وفهمها جوهريا لوضع التوقعات السليمة المستقبلية التي سوف تظهر دون إنحراف يذكر عن الواقع كما أنه لا بد من وضع التنسيق الهندسي عند التخطيط علي أن يكون متواكبا مع كلا من التخطيط قصير وطويل المدى وهو ما يضع أمامنا أسلوب التجزئة بين الأجزاء المختلفة داخل المدينة ولذلك يجب أن يتم تقسيم المدينة إلي مناطق متساوية في القدرة المستهلكة للأسباب التالية:

1 - وضع محولات توزيع بذات القدرة لكل منطقة مما يقلل من التكلفة الكلية لإنشاء المدينة وكذلك تعطي الفرصة لوضع محول احتياطي يكفي أي موقع دون الدخول في التعدد من هذه المحولات الإحتياطية.

2 - استخدام تصميم واحد لكل مواقع محطات التوزيع الداخلي بالمدينة.

3 - توحيد لوحات التوزيع بمواصفة واحدة (سعة ومداخل ومخارج)

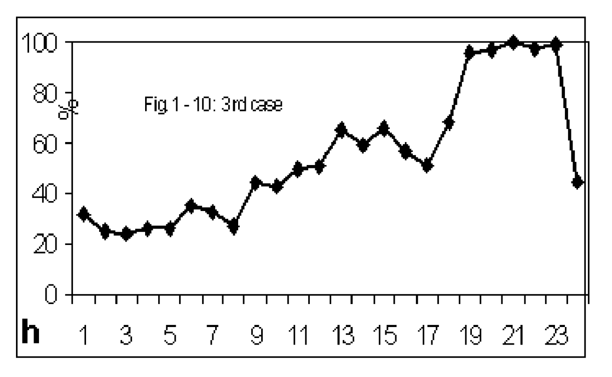
4 - توحيدالقواطع الكهربية المستخدمة علي مستوى المدينة.

لهذا يجب أن تكون القدرة لكل قطاع متساوية بصرف النظر عن شكل المنحنى الخاص بالأحمال ولكنه لا بد وأن يتواكب مع أقصى منحني أحمال لكل المناطق بلا إستثناء.

الأحمال هي الكميات الكهربية اللازمة للمستهلك أو هي في الحقيقة تلك الكميات التي يحصل عليها المستهلك من الشبكة الكهربية وهي الطاقة التي يحتاجها الفرد وتتجمع هذه الأحمال معا في صورة مباشرة والتي ترسم دائما في شكل منحني متغير الطابع وهذه الأحمال يمكن ردها في حقيقة الأمر إلي تلك الأحمال القياسية التي وردت عاليه وهي بذلك تظهر المنطق العكسي للمفهوم والذي يوضح العلاقة بين منحني الأحمال وتلك الأحمال القياسية التي سبق التعامل معها، وهذا هو ما يتطلب منا المزيد من الدراسة والتوضيح لمعني الأحمال القياسية بشكل عام وحتى نصل إلي المفهوم التصميمي والتخطيطي لأهمية الأحمال الكهربائية وهو ما نود وضعه في صورة مرجعية غير

مسبوقة وباللغة العربية لمصلحة المهندس العربي، بهذا نفصل في الفقرات التالية النقاط الرئيسية لبحث المفهوم العام للأحمال الكلية والفعلية الكهربائية. نستطيع التعرف من المنحنيات الكلية للحالات المعطاة عاليه علي القيمة القصوى للحمل 100 % بينما نري لقيمة الدنيا أصبحت 48.12 وهي التي تحدث في الساعة الثالثة صباحا (الشكل رقم 1- 10) وهو من الأمور المعتادة حيث يكون الحمل الأقصى مساءا وهنا في تمام الساعة الثالثة عصرا نتيجة التزايد الكبير في الحمل الصناعي داخل بقية الأحمال القياسية كما نوهنا إليه من قبل لكون الأحمال الصناعية هي الطاغية لانخفاض تواجد الأحمال الأخرى.

عندما تختفي الأحمال الإدارية وتنخفض الأحمال الصناعية وتصل إلي 20 % فقط بينما ترتفع الأحمال الزراعية إلي 50 % وهي نسبة مرتفعة ولكنها تمثل مناطق استصلاح الأراضي الكبرى والمجتمعات الخاصة بها، ولذلك نجد هذا الشكل مختلفا فهنا تصل الذروة في الساعة التاسعة مساءا وهو من الأمور العادية تماما وتظهر القيمة الدنيا للحمل وهي 24.17 % في الساعة الثالثة صباحا وهو أيضا معتادا.



عندما تختفي الأحمال الزراعية وتتفاقم الأحمال التجارية مثل المناطق الحرة والمدن التجارية الحرة كمدينة بور سعيد وتصل نسبتها إلي 50 % من إجمالي الأحمال فنجد الذروة في الساعة الثامنة ليلا وهو معتاد والقيمة الأدنى وهي 54.82 تحدث في الساعة الثانية صباحا وهو معتادا أيضا. غير أن الشكل الأخير يزيد من الأحمال المنزلية بنسبة 40 % بينما تتوزع بقية الأحمل وهو ما يعبر عن المناطق المزدحمة بالسكان والتي غالبا ما تكون الأحياء الشعبية. في هذه الحالة الممثلة للأحياء الشعبية نجد الأحمال قد وصلت الذروة في تمام الساعة الثامنة ليلا بينما أدني قيمة وهي 64.76 % تأتي في الرابعة صباحا (فجرا) وهو أمرا طبيعيا ويتماشى مع الواقع فعلا، وهذا يثبت بأن هذه الأحمال المقترحة تعبر عن الواقع ويمكن الاعتماد الكامل عليها عند التخطيط والتصميم وتؤدي إلي نتائج سليمة نستطيع الأخذ بها. التوصل إلي الأشكال السابقة لمنحني الأحمال يكون ضروريا للتعرف علي أسس ومعايير المقارنة بينهم للمفاضلة ولاختيار الأفضل عند التصميم أو التخطيط كما سبق الإشارة ومن هنا بدأت الأهمية لما نضعه من معاملات جوهرية لقياس المزايا والعيوب في منحني الأحمال ومن أجل تحديد الخصائص الفنية الكاملة المعبرة عن هذه المنحنيات وهو ما نبسط له الصفحات التالية.

أولا: معامل التحميل Load Factor

يعبر هذا المعامل عن نسبة التحميل ولهذا يجب البدء ببعض التعريفات وهي:

1 ـ**الحمل الأقصى peak load**: وهو يساوي القيمة القصوى للحمل على منحني الأحمال وبذلك تصبح قيمته 100% في المنحنيات السابقة محل الدراسة بينما نجدها لا تحدث بصفة مستمرة طوال الوقت بل في فترة قصيرة وتتباين هذه القيمة من مكان لآخر.

2 ـ**الطاقة الكلية total energy**: تمثل هذه الطاقة المساحة الكلية تحت منحني الحمل رياضيا وتعبر عن إجمالي الطاقة المطلوبة على مدار الأربعة وعشرين ساعة

3 ـ**الحمل المتوسط average load**: يساوي القيمة المكافئة للحمل إذا ما استمر ثابتا في القيمة على مدار اليوم ويعبر عنه رياضيا بالمعادلة

$$\text{القيمة المتوسطة} = \text{المساحة تحت منحني الأحمال} / 24 \quad (3\text{-}1)$$

تعبر ساعات اليوم الواحد على عدالة التوزيع للحمل وهو ما تم حسابه من قبل في الجداول التي تخص الحالات الستة والأشكال الأربعة في الحالي حيث كان يتم الجمع الحسابي للأحمال المتتالية بفرض أنها تشكل مستطيلا لكل ساعة بينما في الواقع تأخذ شكل الشبه منحرف وإذا ما تم تجميع كل أشباه المنحرف لتوصلنا إلي نفس النتيجة بدقة كاملة.

4ـ**فرق التذبذب oscillation difference** وهي قيمة جديدة يجب أن تدخل وبقوة في الحسبان بل ويجب أن تندرج تحت مسمى المعاملات الفنية لأنها لا تقل أهمية عن غيرها وهي قيمة التذبذب في التحميل أو فرق التذبذب، خصوصا إذا كان التخطيط للمدن الكبري التي تتضمن محطات التوليد مما يستوجب أن يوضع في الاعتبار معاملات الاستخدام الصحيح لأجزاء ومكونات المحطات الكهربية كي تصل بالخدمة الكهربية إلي أرقي المستويات، وهو ما يتبع الصيغة

$$\text{فرق التذبذب} = \text{القيمة القصوى} - \text{أدني حمل} \quad (4\text{-}1)$$

هذا المعامل يمثل معامل الخطورة على التشغيل لبدء وحدات التوليد ومن ثم إيقافها أو وضعها على أهبة الاستعداد وهي من الأعمال الخطيرة فنيا لتشغيل المحطات ويقع العبء الأكبر على هذه المحطات كلما كان الفرق كبيرا ويعتمد العمل في مراكز التحكم الرئيسية على هذا الفارق وكلما قل الفارق كلما أصبح العمل مريحا، واعتمادا على هذه التعاريف نستطيع التعبير رياضيا لمعامل التحميل بالصورة:

$$\text{معامل التحميل} = \text{القيمة المتوسطة للحمل} / \text{القيمة القصوى} \quad (5\text{-}1)$$

هذا ما يوضح أن معامل التحميل لا بد وأن يقل عن الوحدة لأنه لن يصل الحمل المتوسط إلي القيمة القصوى في أي شكل،كما يمكننا تحويل هذه المعادلة إلي صورة عامة أخري إذا تم الضروب بالقيمة الزمنية لمنحني الأحمال في كلا من البسط والمقام فتصبح:

معامل التحميل = القيمة المتوسطة × الزمن / (القيمة القصوى × الفترة الزمنية) (6-1)

جدول رقم 1 - 8: اختبار الحالات السابقة لنوعية الأحمال القياسية

الشكل	الأول	الثاني	الثلث	الرابع
الطاقة الإجمالية	1825.64	1706.36	1315.71	1554.42
القيمة القصوى	100	100	100	100
زمن الذروة	3 عصرا	9 صباحا	8 ليلا	8 ليلا
القيمة المتوسطة	76.06	71.1	54.82	64.76
القيمة الأدنى	48.12	24.17	14.05	41.71
زمن أدنى حمل	3 صباحا	3 صباحا	2 صباحا	4 صباحا
فرق التذبذب	51.88	75.83	75.95	58.29
معامل التحميل	76.06	71.1	54.82	64.76

لذلك نجد هذه القراءات لحالات حملية مختلفة كما بالجدول 1 – 8 حيث تم تضمين الجدول لقيمة المحسوبة لمعاملات التحميل الأربعة وهي التي لابد وأن تقل عن القيمة الوحدة (أقل من الواحد الصحيح) وهو الاستنتاج الواضح من المعادلات الرياضية المختلفة المحددة لقيمته.

جدول رقم 1-9: معامل التحميل للأحمال لنوعية للحالات الستة القياسية السابقة

الحمل	الحالة					
	الأولي	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة	السادسة
صناعية	0.5897	0.742	0.7466	0.8004	0.7833	0.7281
زراعية	0.5233	0.541	0.5454	0.5579	0.4983	0.5095
تجارية	0.415	0.4133	0.362	0.3745	0.4095	0.3825
منزلية	0.534	0.566	0.6682	0.5302	0.5167	0.5787
خدمات	0.6875	0.6911	0.6896	0.7125	0.7592	0.7275
إدارية	0.4758	0.486	0.4843	0.4852	0.4779	0.4741

جدير بنا أن نجدول قيمة معامل التحميل للحالات الستة الواردة عاليه، حيث يظهر لنا الفارق بين الحالات المختلفة حيث جاءت قسمة الطاقة الإجمالية علي المدة الزمنية بعدد الساعات فتعطي القيمة المتوسطة نسبة إلي الحمل الأقصى 100% (جدول رقم 1– 9).
فرق التذبذب في الجدول 1-10 يبين لنا أهميته وضرورة الاعتماد علية كمعامل جوهري خصوصا عند دخول المولدات إلي الخدمة في الشبكة القومية الموحدة.هذه الأرقام تعني الكثير حيث يظهر التذبذب الأوسع والذي يصل إلي 95 نسبة إلي الذروة 100 في الأحمال التجارية والتي تأخذ بشكل عام اكبر تذبذب بين بقية الأحمال يليها الأحمال الزراعية (84 – 88) ثم الإدارية (77 – 80) فالأحمال المنزلية وحتى أفضل (أقل) تذبذب مع الأحمال الصناعية والذي يتأرجح حول النصف (41 – 52 تقريبا). وكلما قلت قيمة التذبذب كلما كان التشغيل مستمرا لفترات أطول لوحدات التوليد مما يعطي الاطمئنان للعاملين والقائمين علي الإشراف في مراكز التحكم ومحطات التوليد.

جدول رقم 1-10: فرق التذبذب للأحمال القياسية النوعية للحالات الستة السابقة

الحمل	الحالة					
	الأولي	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة	السادسة
صناعية	41.7	46	48	39.8	44.8	52.6
زراعية	88	88	86	86	86	84
تجارية	91	87	95	94	91	93
منزلية	74	77.6	73.5	82	80	79.5
خدمات	66.8	67.1	64.4	61.1	55.9	63
إدارية	80	76	79	77	76	78

ثانيا: معامل الاستغلال Use Factor

يعبر هذا المعامل عن الطاقة المهدرة من تلك المتاحة بالشبكة ولذلك يتم وضعه في الصيغة:

معامل الاستغلال = طاقة مستخدمة فعلا / الطاقة المتاحة (7-1)

ذلك يوضح لنا أهمية أن تزيد قيمته ويكون وهو شكلا آخر من معامل التحميل ويعبر البسط عن شكل مستطيل بطول الفترة الزمنية وعرض (ارتفاع) قيمته القيمة المتوسطة وهي مساحة مستطيل تساوي الطاقة المستهلكة فعلا بينما المقام يمثل مستطيلا بطول نفس الفترة الزمنية للمنحني وعرض (الارتفاع) الحمل المركب **installed capacity** معبرا عن مساحة مستطيل قيمتها الطاقة الكلية المتاحة أي يتم قسمة مساحة مستطيلين مما يوضح أن قيمة معامل الاستغلال لا بد وأن تقل عن الوحدة مثل معامل التحميل، كما أنه يجوز التعبير عن نفس المعامل علي النحو التالي:

معامل الاستغلال = المساحة تحت المنحني/الطاقة المتاحة الكلية (8-1)

هكذا نجد لزاما علينا تعريف الحمل المركب installed capacity وهو أقصي ما يمكن إنتاجه من محطات التوليد كي تبثه إلي الشبكة الكهربية ونعرف الطاقة المركبة بأنها عادة أكبر من الحمل الأقصى وغالبا ما تكون في حدود 120 % من الحمل الأقصى ولهذا سوف نفترض في هذا الكتاب أن قيمة الحمل المتاح المركب بقيمة 120 % وهكذا يجلو لنا الفارق بين الحمل الأقصى وذلك المركب ويمكن أن نضع المعادلة رقم 1-8 في الصورة:

جدول رقم 1- 11: معامل الاستغلال للأحمال القياسية النوعية للحالات الستة السابقة

الحالة	الأولي	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة	السادسة
صناعية	0.4914	0.6183	0.3971	0.667	0.6527	0.6067
زراعية	0.436	0.4508	0.4545	0.4649	0.4152	0.4245
تجارية	0.3458	0.3444	0.3016	0.312	0.3412	0.3187
منزلية	0.445	0.4716	0.5568	0.4418	0.4305	0.4822
خدمات	0.5729	0.5759	0.5746	0.5937	0.6326	0.6062
إدارية	0.3965	0.405	0.4035	0.4043	0.3982	0.395

معامل الاستغلال= معامل التحميل/ نسبة الحمل المركب والأقصى (9-1)

الآن نقدم معامل الاستغلال لحالات مختلفة داخل الأشكال الستة السابقة في الجدول رقم 1-11.
إضافة إلي ما سبق نجدول قيمة معامل الاستغلال الخاص بالأشكال الأربعة الكلية للحمل كما وردت في الجدول رقم 1-12 لنري الفارق بين المعاملين التحميل والاستغلال للأشكال الأربعة.

جدول رقم 1- 12: معامل الاستغلال للأحمال القياسية الكلية السابقة

الشكل	الأول	الثاني	الثالث	الرابع
معامل الاستغلال	0.6338	0.5925	0.4568	0.5396

كما يمكننا أن نعبر عن معامل الاستغلال حسابيا بالمعادلة

معامل الاستغلال= القيمة المتوسطة/القيمة المركبة (10-1)

نستطيع من الجداول الأخيرة ملاحظةأنه يعتمد علي النسبة بين القيمة الهركبة والتي تعتمد علي المحطة ذاتها دون النظر إلي منحني الحمل وبين الحمل الأقصى وهو ما يظهر من منحني الحمل بغض النظر عن ما هو متاح أم لا في الشبكة. من ذلك نري أن معامل الاستغلال يشير إلي مدى استغلال الطاقة المتاحة لدينا أو نسبة ما نستغله من كل ما يمكننا الحصول عليه.

ثالثا: معامل القدرة Power Factor

يتوقف مبدأ تلبية إحتياجات المدن من الأحمال الكهربية علي مدي استقرار الشبكة الموحدة ككل وعلي الجزء منها لمغذي للمدينة ومن ثم تعتبر عملية تشغيل لمولدات من أهم الموضوعات الرئيسية المؤثرة في تشغيل الشبكة الكهربائية لرفع الاعتمادية فيها مما يضع كل المعاملات المتعلقة بتشغيل المولدات علي قمة الأساسيات التي تحدد الشكل الهندسي لمستوي أداء الشبكات الكهربائية عموما، ولما كانت إجراءات تشغيل المولدات وتوصيلها إلي الشبكة أو فصلها عنها تتوقف علي مستوي الأحمال العاملة فيها في تلك اللحظة مما يجعل أسلوب توزيع الأحمال في مقدمة هذه المؤثرات والتي تحتاج إلي المزيد من التحليل والبحث وصولا إلي التشغيل الأمثل. أن النظرة إلي دراسة سريان الأحمال تحتاج إلي إضافة توزيع الأحمال من خلال وضع منحنيات الأحمال داخل العملية البحثية من أجل الوصول إلي التشغيل الاقتصادي الأمثل للشبكة الكهربائية خصوصا في شبكات التوزيع.

لا يتوقف التشغيل الاقتصادي للشبكة الكهربائية علي مكوناتها فحسب تبعا للعمليات الحسابية المحددة لهذا الغرض وبالأسلوب المعتاد بل يشمل تكلفة كل المعوقات أو الملحقات والمساعدات اللازمة لأداء هذا التشغيل علي الوجه الأمثل فإذا تحدد تشغيل وحدة معينة بعينها في فترة ما فلا بد من أن تكون جاهزة للتشغيل في ذلك الوقت أو عند الاحتياج لها، وهذا التجهيز يمر بالعديد من المراحل المتتابعة خصوصا بالنسبة للمحطات الحرارية وبالتحديد المحطات البخارية وهو الأمر الذي يحتاج إلي الوقت والمجهود والمال مما يرفع التكلفة الكلية لتشغيل الوحدة بدرجة غير مدرجة في المعادلات الرياضية المستخدمة وفي حزم البرامج الحاسوبية المتعلقة بهذا الموضوع. علي الجانب الآخر نجد أن المحولات الكهربائية قابعة في أماكنها تنتظر التوصيل من خلال المفاتيح CB والسكاكين Isolators الخاصة بها وهو ما يمكن أن يتم فوريا تقريبا وبالمثل خلايا الخطوط والمغذيات، ولهذا تختلف طريقة دراسة تطوير وتحسين أداء الشبكات الكهربائية بالمدن من حيث أنها تشمل الربط بين محطات التوليد والتحويل مع شبكات التوزيع داخل المدينة ولذلك نجد أن الشبكة الكهربية تشمل الأجزاء الثلاثة الآتية:

1- **المولدات Alternators** التي تعمل مع الأحمال المطلوبة سواء كانت تلك الدائمة من الشبكات الرئيسية للتوليد أو تلك الطارئة التي تعمل في ذات الموقع الذي به الأحمال وكذلك مصادر التغذية الأخرى Power Sources

2- **شبكات النقل والتوزيع Transmission & Distribution** داخل وخارج المدينة وأجهزة الخدمة الملحقة بها

3- **الأحمال المختلفة** الرابضة علي أطراف الشبكة حيث تستلم الشبكة تلك الطاقة من مصادر توليدها وتسلمها للأحمال عند نقاط تواجدها وعلي ذلك فإن شبكة التوزيع بالمدينة تتأثر بكل من مصادر توليد القدرة (المولدات) وقضبان استهلا ك الطاقة(الأحمال).

في حالة المولدات يكون الهدف هو خفض كمية القدرة غير الفعالة Reactive Power المطلوبة منها التي تناظر قدرة فعالة معينة أما في حالة الأحمال ومنها المحركات فأن الهدف يصبح خفض كمية القدرة غير الفعالة التي تطلبها تلك المحركات من مصدر التغذية ولذلك يؤدي ارتفاع معامل القدرة سواء عند المولدات أو الأحمال أو في المواقع المختلفة بالشبكة إلي تحسين أدائها منعكسا عليعددا من النقاط الجوهرية نوجزها في الفقرة التالية.

من الهام

من الهام تنظيم الجهد **voltage regulation** علي القضبان المختلفة بالشبكة بالمدينة، خصوصا عند أحمال الاستهلاك حيث يستعان بمصادر القدرة غير الفعالة في خطوط النقل لتنظيم الجهد بصفة أساسية والتي ترفع الجهد لهبوط الجهد الذي يعتمد بدورة علي مقدار التيار أما في شبكات التوزيع الصناعية أو المدارس الصناعية والتي بها العديد من الورش، فان استخدام المكثفات بهدف رفع الجهد فقط لا يمكن تبريره اقتصاديا حيث توجد طرق أخرى اقل تكلفة واسهل استعمالا لأن المكثفات في الشبكات بهدف تحسين معامل القدرة يضيف ميزة إضافية هي تحسين تنظيم جهد تلك المنظومات ويرتبط كل من معامل القدرة والتيار وتنظيم الجهد معا بحيث أن التغير في أي واحد منهم يؤثر علي الآخرين.

يعرف تنظيم الجهد R % بأنة التغير النسبي في جهد مصدر التغذية E المصاحب لتيار الحمل I ، ويحدث تنظيم الجهد بسبب الهبوط في الجهد خلال المعوقة **impedance** (Z) الحاملة للتيار من مصدر التغذية إلى نقطة الحمل.

$$R\% = \{(E-V)/V\}100 \;,\; E = V + I\,Z = V + I\,(R + j\,X) \quad (1\text{-}11)$$

يمكن التوصل إلي خفض الفاقد **losses** بتقليل التيار وبالتالي الفاقد الذي يتناسب مع مربع قيمة التيار، ومن ثم بخفض القدرة غير الفعالة المارة في الشبكة يقل تيار الشبكة وإذا اعتبرنا أن القدرة الفعالة لا تتغير كما هو الحال عادة فإن معامل القدرة يتحسن (يرتفع) بانخفاض قيمة القدرة غير الفعالة وعندما تصبح القدرة غير الفعالة مساوية للصفر يصبح معامل القدرة مساويا للوحدة 100%، ويعرف معامل القدرة بالنسبة المستغلة من الطاقة الموجودة فعلا التي تنتج عن ظاهرة التفاوت بين زاويتي الجهد والتيار مما ينشأ عنه ثلاث كميات من القدرة كلا في اتجاه مخالف للآخرين، كما تختلف الطاقة الموجودة عن تلك سابقة الذكر عالية والتي تعرف باسم المتاحة أو المركبة. مثلث القدرة في الدوائر الكهربية يعتمد علي الزاوية بين كلا من التيار والجهد والمسماة بالزاوية ϕ وهي المؤثرة بدرجة كبيرة في كمية القدرة المستغلة والمنتفع بها من كامل القدرة شاملة المهدرة وكلما تساوت هاتين القدرتين كانت هذه الزاوية مساوية للصفر وهو ما يجعلنا أن نميز هذه الزاوية الصفرية عن غيرها ويتم ذلك بأن جعلنا الزاوية صفرا تعني المميزات بينما علي النقيض إذا كانت 90 درجة تلاشت القدرة الفعلية وأهدرت القدرة بالكامل، ولذلك يكون وضع معامل القدرة مساويا جتا الزاوية المشار اليها لأن هذه النوعية من الدوال التي تحقق هذا المعني المراد، وهو ما يظهر من المعادلات المستنتجة في كافة انواع التحليلات الرياضية والهندسية ولذلك نعبر عن معامل القدرة بالصيغة الحسابية:

معامل القدرة = جتا الزاوية بين الجهد والتيار ($\cos \phi$) (12-1)

في مثلث المعوقة **impedance triangle** وأضلاعه هي المقاومة **resistance** والممانعة الظاهرية **reactance** يمكننا ضرب كل هذه المتجهات الثلاث في متجه واحد وهو **vectors** وبأسس المتجهات **impedance** ووتره المعوقة فتصبح الجهد **voltage triangle** المار بهذه المعوقة فنحصل آليا علي مثلث الجهد **current vector** متجه التيار علي الممانعة والجهد علي المقاومة ضلعان بينما الجهد علي المعوقة يظل وترا وبذلك يسمي بمثلث الجهد **voltage** بالضرب مرة أخري أضلاع مثلث الجهد **voltage triangle** في نفس التيار فنحصل علي مثلث القدرة **power triangle** وأطرافه تصبح القدرة الفعالة **active power** والقدرة غير

الفعالة reactive power واحيانا تسمي الظاهرية، والقدرة الكلية total power وأحيانا يطلق عليها مسمي القدرة الظاهرية. من لمنطق الفيزيقي لمعني معامل القدرة يمكننا صياغته بشكل آخر مثل

معامل القدرة = القدرة الحقيقية الفعالة المستهلكة فعلا / القدرة الكلية الممكنة = الجهد علي المقاومة المستهلكة للطاقة / جهد معوقتها = مقاومة الجهاز / معوقة الجهاز (13-1)

لذلك يهمنا من الدرجة الأولي تحسين معامل القدرة p. f. لأنه يعتمد علي مكونات الشبكة ولهذا يمكن تعديل قيمته والتحكم في نوعيته فمنه معامل القدرة السابق (المتقدم) leading أو الآخر المتأخر lagging وفي جميع الأحوال فانه يؤثر بشكل مباشر في فقد الطاقة المطلوبة والمتاحة غير أن قيمته تعتمد علي نوعية المعوقة وهو ما يعني نوعية الحمل، وهنا عندما نتحدث عن الأحمال القياسية حيث بجدول الجدول 1-13 بعض القيم التقريبية لمعامل القدرة الخاص ببعض نوعيات الأحمال القياسية ونجدها تتأرجح بين الوحدة و 0.4 وهو ما يدعونا إلي مزيد من الدراسة للوصول إلي أفضل معامل قدرة من خلال التعامل مع منحنيات الأحمال.

جدول رقم 1-13 : بيان بمعاملات القدرة التقريبية لبعض الأحمال القياسية

نوعية الحمل	p. f.	الحمل	p. f.	الحمل	p. f.
مصابيح فلورية	0,6	غسالات	-0.75 0.8	زراعي	0.7
مصابيح فلورسنت	0.4	ثلاجات	-0.6 0.8	تجاري	0.8
مصابيح فلورسنت محسنة	0.8	تهوية	0.8	إليكترونية	0.9
محركات سريعة	0.8	سخانات	1-0.9	دفايات	0.95
أجهزة طهي	0.95	تكييف	0.8 -0.7	صناعة ثقيلة	0.8 -0.6
مصابيح تنجستن	1	محركات	0.7	كيميائي	0.95

هكذا نستطيع التوصل إلي أفضل معامل قدرة بجمع الأحمال التي تعطي أفضل معامل قدرة للأحمال الكلية وهو ما سوف نتعرض له لاحقا.

رابعا: معامل الفقد Loss Factor

يعتبر معامل الفقد المرآة الناقدة لمعامل التحميل حيث يلقي النظرة علي الضائع من الطاقة بالرغم من إمكانية استخدامها ويحاول توضيح ماهية الطاقة الضائعة وبالتالي يذكرنا باستمرار بأوجه القصور في الأداء من ناحية الاستغلال أي يكون ضوءا مشعا علي معامل الاستغلال ولذلك يجب الاعتماد عليه في الأسلوب الهندسي الحديث حتى نصل إلي الوسائل المثلي اللازمة للتصميم ولوضع التخطيط المستقبلي في أبهى صورة نستطيع الوصول إليها ويمكننا التعبير عنه بالمعادلة الرياضية التالية

معامل الفقد = المساحة فوق منحني الحمل / المساحة الكلية للمستطيل كله (14-1)

هذا يوضح أنه لا بد وأن نتبع معادلة العلاقة بين معاملي الاستغلال والفقد وهي

معامل الفقد + معامل الاستغلال = 1 (15-1)

هذا يعني أن كلا من معاملي الاستغلال والفقد مساويا لعدد أقل من الواحد الصحيح ولا يمكن لأحدهما أن يتساوى مع الصفر.

خامسا: معامل الاحتياطي Reserve Factor

نحتاج إلي معامل الاحتياطي كي يذكرنا بما لدينا من مخزون ممكن توليده عند الحاجة إليه وفي الحقيقة يتواجد هذا المخزون بكثرة طوال اليوم ولكنه يقل تدريجيا كلما اقتربنا من القيمة القصوى للحمل ولذلك تكون هذه اللحظة هي الحرجة والتي يتم تقييم معامل الاحتياطي عندها.

معامل الاحتياطي = السعة الكلية / الحمل الأقصى (16-1)

من معناها نعلم الإمكانية الاحتياطية لدي الشبكة لتغطية حالات الطوارئ وخصوصا وقت الذروة

سادسا: معامل التشتت Diversity Factor

يهم المهندسين أن تقل القيمة القصوى للحمل وهو ما نتطلع إلي تحقيقه باستمرار ونجد أن معامل التشتت يمثل المعامل الهندسي الأول الذي يعطي لنا الفرصة لتحقيق هذا خصوصا وانه يتعلق بتجميع الأحمال الفرعية داخل الأحمال الكلية حيث يأخذ الصورة الرياضية

معامل التشتت = مجموع الأحمال الفرعية القصوى/ الحمل الأقصى الكلي (17-1)

جدول رقم 1-14: معامل لتشتت للأحمال القياسية النوعية للحالات الستة السابقة

الحالة	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة	السادسة
صناعية	1.01	1	1.01	1.02	1.04	1.02
زراعية	1	1	1	1	1	1
تجارية	1	1	1	1	1	1
منزلية	1	1.12	1.47	1	1.25	1.28
خدمات	1.28	1.24	1.27	1.29	1.45	1.37
إدارية	1	1	1	1	1	1

أن مجموع الأحمال القصوي الفرعية يتم جبريا بدون النظر إلي التوقيت الزمني بكل حمل وهو ما يؤثر علي قيمته كمعامل ولذلك لابد وأن يكون أكبر من الواحد الصحيح (الجدول 1-14) لقيمة معامل التشتت في الحالات الستة السابقة نسبة لمكونات الأحمال لقياسية حيث نري القيمة الأكبر للتشتت الجيد بين القيم القصوى للأحمال القياسية الفرعية بالرغم من ان القراءات في الجدول تشير إلي العديد من المعاملات المساوية للواحد الصحيح وهو ما يعني أن جميع القيم القصوى للأحمال الداخلة في التجميع في وقت واحد دون زحزحة زمنية أما القيم الأكبر فيكون التزحزح من ناحية ونسبة المكونات من الجهة الأخري والتي تؤثر بشكل مباشر في قرب القيمة القصوى لهذه الأحمال، ومن هذه الأرقام نجد أن قيمته تصل الواحد الصحيح في الأحمال الصناعية أحيانا والزراعية والتجارية دائما لاشتراكهم في القيمة القصوى في ذات الوقت بينما تظهر أكبر معاملات عند الأحمال المنزلية والخدمات لتنوع الطلب عليها ولذلك نضع معامل التشتت للأشكال الأربعة الخاصة بالأحمال الكلية القياسية في الجدول رقم 1-15 لتنوع الأحمال المختلفة طبقا لما سبق شرحه.

جدول رقم 1-15: معامل التشتت للأحمال القياسية الكلية للأشكال الأربعة

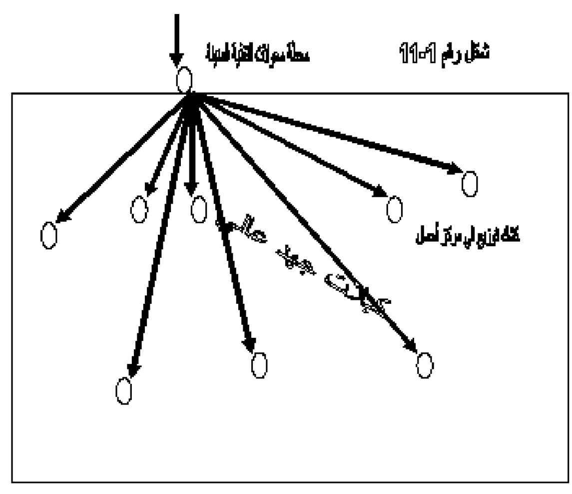
الشكل	الأول	الثاني	الثالث	الرابع
معامل التشتت	1.1786	1.19	1.12	1.21

الجدول رقم 1– 16: بيانات محطات المحولات (cm)

Voltage (kV)	< 10	20	35	110	150	220	330	500
Calculated minimum phases spacing	22	33	44	100	140	200	280	420
Calculated minimum distance between a phase and ground	20	30	40	90	130	180	250	375
Practical (standard) spacing (Worst)	40		100	140-190	200-300	250-400		
Practical (standard) spacing (natural)	40-60		120-200	200-300	350-425	350-500	450-600	600-700
Min distance from conductors to the wall	95	105	115	165	205	255	325	450
Minimum distance under conductors to transported objects	95	105	115	165	205	255	325	450
Minimum distance from energized conductors to the isolated parts	95	105	115	165	205	255	325	450
Minimum height to adjacent circuits (Above or Under)	95	105	115	165	205	300	400	500
Entrance to ground with sever conductors swing	290	300	310	360	400	450	520	465
Distance between conductors of different circuits	220	230	240	290	330	380	450	575
Height from energized conductors to upper connections	220	230	240	290	330	380	450	575

سابعا: زمن التحميل Load Time

يهمنا هنا فترة التحميل للحمل عند الحدود سواء كانت القصوى أو الدنيا ولذلك يجب تحديد معاملات زمن التحميل في الحالتين كما يلي:



1- فترة الذروة Peak Duration

هو فترة ما تكون فيه كل المولدات والمحولات عند القيمة القصوى للتحميل وقد يكون منهم ما هو فوق المقنن ولكن بالمعدلات المسموح بها وترتفع درجة الاستعداد في مراكز التحكم الرئيسية والإقليمية وكذلك في المحطات التي وصلت إلي الذروة وتعلن حالات الطوارئ من الناحية الفنية لتكون البدائل جاهزة عند الضرورة كما أن هذه الذروة وبقية الأحمال تعتمد علي الشكل الزمني للحمل والذي يسمي منحني الحمل الزمني **load duration curve** .

2- معدل تحميل وحدة التوليد Rate of a Unit Loading

يأتي تحميل الوحدات في محطات التوليد علي رأس القائمة حيث أن كل المعدلات السابقة تمثل الأساس للتعرف علي معدل تحميل المولدات وخصوصا في الحالات الطارئة وهو ما نبحث عنه من أجل استقرار التشغيل للشبكة ككل وللمولد بصفة خاصة حيث أنه أول المكونات التي تتأثر بالحالات الطارئة:

1-3: توزيع الطاقة الكهربية

يتمتع التوزيع الكهربي في المدن بالمرونة حيث تتباين المعاملات الخاصة بالمحطات التي تقوم علي تغذية المدن كما يبين من الجدول رقم 1 – 16 والمجدول للبيانات الخاصة بمحطات المحولات بالهواء الطلق (المفتوحة) خارج المدن أو داخلها تبعا للجهد **Outdoor Stations Parameters,** ، وعلي الجانب الآخر تلك المحطات الداخلية (داخل المباني) مثل ما ورد في الجدول رقم 1 – 17 وهو ما يمكن وصفه علي عدة محاور هي:

أولا: طرق التصميم Design Methods

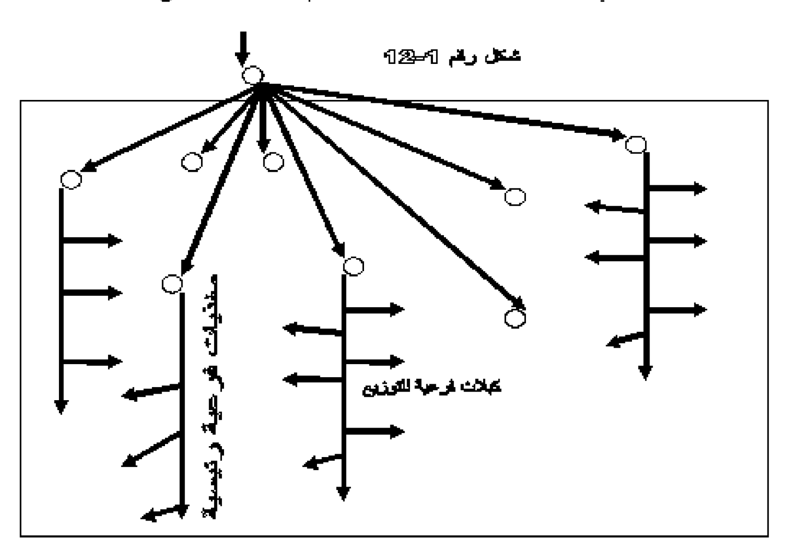
عند توزيع الطاقة الكهربية في مدينة ما يمكننا اتباع طريقتين:

الجدول رقم 1 – 17: بيانات محطات المحولات خارج المدن أو داخلها تبعا للجهد من الطراز الداخلي (داخل المباني) Indoor Stations Parameters, (cm)

Voltage (kV)	3	6	10	20	35	110	150	220
Calculated minimum spacing between phases	7	10	13	20	32	100	140	200
Calculated minimum distance between a phase and ground	6.5	9	12	18	29	90	130	180
Practical (standard) spacing	20-30	25-50	30-70	50-70	50-70	125-160	200	300
Minimum distance from conductors to the wall	9.5	12	15	21	32	93	133	183
Minimum distance to adjacent circuits	16.5	19	22	28	39	100	140	190
Height of non-energized parts to adjacent circuit	200	200	200	220	220	290	330	390
Height of non-energized parts to ground	250	250	250	270	270	340	370	420
Minimum Distance of entrance to ground	450	450	450	475	475	550	600	650

1- حساب القدرة لوحدة المساحة وفيها يتم وضع قيمة محددة من الطاقة لكل مساحة ويتم الحساب هنا بسهولة ولكنه سوف يكون بعيدا عن الواقع وبهذا يتم التوصل إلي القيمة النهائية للمدينة كقدرة وبسهولة، غير أنه من

الممكن أن تكون القدرة لوحدة المساحة متباينة بين المناطق الصناعية عن تلك المنزلية أو بين الزراعية عن تلك التجارية وهكذا ولكنه في هذه الحالة يمكن اعطاء معامل التصميم بحيث يكون التوزيع متماثلا.



شكل رقم 1-12

2- حساب الأحمال الكهربية للمناطق المختلفة واستكمال التصميم تبعا للتخطيط الكهربي حيث نحصل علي أقصى منحنى حمل لكل منطقة وبالتالي يتم اختيار القيمة الأقصى فيهم لبدء التصميم وتوزيع المحطات علي كافة الم ناطق بالتساوي ومن ثم يتم وضع محطات التوزيع للجهد المنخفض في مركز الأحمال الإستهلاكية (الشكل رقم 1 – 11) بقدر الإمكان تقليلا للفقد في الطاقة التي عادة تستمر لمدة 24 ساعة يوميا وخفضا لهبوط الجهد في نهاية المغذيات وعند أطراف الشبكة الكهربية لدي المستهلكين، وم ن ثم يلي هذا توزيع هذه المحطات بالنظام المحوري علي مستوى فروع (الشكل رقم 1 – 12) أو علي شكل مناطق متجاورة لتغطية مساحة المدينة بأكملها ويمكن أن تكون المغذيات داخل المدينة (بل ويفضل) من الكابلات تحت الأرضية حماية للأفراد المقيمين بالمدينة أو حتي زوارها، ولهذه الكابلات من الخصائص الهندسية القياسية الهامة. لذلك سوف نتطرق في الفصل القادم إلي هذه الكبلات من حيث التركيب والأنواع المستخدمة داخل المدن.

نصل الآن إلي لتوزيع النهائي للقدرة الكهربية في الشوارع أو إلي المصانع أو إلي مواقع الخدمات في المدينة وكلها من خلال الم غذيات بكبلات تحت أرضية إما ثلاثية الطور أو أحادية علي الجهدين 380 / 220 ف كما يلزم أن يتم لتوزيع من حيث المبدأ في الكبلات أحادية الطور علي المناطق بقدر الإمكان بالتساوي علي الأوجه المختلفة من أجل الحصول علي أحمال متزنة علي الثلاث أطوار وهو النظام المثالي. بهذا المبدأ نجد أن لكبلات الكهربية

من أول الأدوات اللازمة للتعامل مع التوزيع الكهربي في المدن ولهذا سوف يتطرق الفصل التالي لهذه النوعيات من الكبلات.

الجدول رقم 1 – 18: المساحات الأرضية الخاصة بمحطات المحولات من الطراز الداخلي Standard Dimensions of Indoor Sub Stations, m

جهد (kV)	مقنن محولات MVA	المغذيات	أبعاد المحطة، m × m	وزن بدون محولات، طن
110/35/6-11	1 x (5.6-20)	4x(6-11) + 2x35	30x35	35
110/35/6-11	2 x (5.6-20)	8x(6-11) + 4x35	34x57	35
110/6-11	1x(5.6-15)	4x(6-11)	20x27.5	18
110/6-11	2x(5.6-15)	8x(6-11)	27x35	37
35/6-11	1x(3.2-15)	4x(6-11)	12x14	15-20
35/6-11	1x(0,56-3.2)	4x(6-11)	12x14	10
35/6-11	2x(0,56-3.2)	8x(6-11)	14x20	14

ثانيا: نظم توزيع القدرة الكهربية

مصدر القوى الكهربية يأتي من محطات التوليد حيث يتم نقلها برفع الجهد من خلال محطات محولات لتصل هذه القدرات إلي مشارف المدن لتغذيتها بالطاقة الكهربية، ومن ثم نحتاج إلي محطات خفض الجهد عن طريق محولات القدرة ثم الدخول بعد ذلك إلي المدينة في عدة مراكز يتم تحديدها لتكون أطرافا للتغذية الكهربية علي المساحة الكلية للمدينة وعلي جهد 380/ 220 ف. نجد أن النظم المتبعة في التخطيط الكهربي لشبكات المدن تعتمد علي الكثير من البيانات واحتمالات الأحمال كما سبق شرحها وتبعا لجهة التغذية وهو ما نضعه في النقاط التالية:

1 - نظم التغذية وحيدة المصدر *Single side supply network*

تلك هي النظم التي تتوائف مع لمدن صغيرة كانت أو قرى وهي تعني أن مصدر التغذية يأتي من ناحية واحدة من المدينة كما هو مبين في الشكل رقم 1 – 11 والشكل رقم 1 – 12 وهو ما يمكن اتباعه في المدن الصغيرة مثل المراكز والقري ويكون الأسلوب المحوري هو الوسيلة المناسبة لإستكمال التوزيع الفرعي حتي نهاية أطراف الأحمال سواء كانت صناعية أم منزلية أو غيرهما. جدير بالذكر أن هذا النظام معيب بنسبة الاعتمادية المنخفضة مما يجعله غير ملائم للمدن الكبرى والعواصم مثل القاهرة والإسكندرية بمصر وطرابلس وبنغازي في ليبيا والرياض بالمملكة السعودية وغيرهم كما أن تلك المحطات لا بد وأن تنشأ خارج المدن من الوجهة الإقتصادية ولتقليل التكلفة الكلية خصوصا وأن أبعادها المساحية ليست بسيطة كما نراها في الجدول رقم 1 – 18.

2 – نظم التوزيع الكهربي مزدوجة التغذية Double side supply network

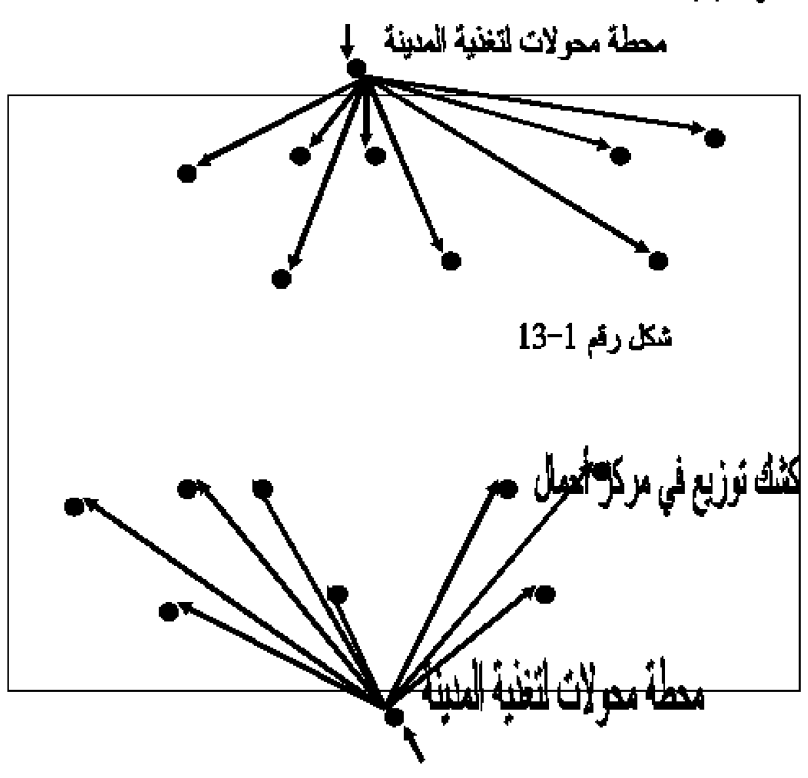
هنا تبدأ الخصائص الكهربية للتشغيل في التحسن ويكون من الهام كذلك القابلية للتعامل مع النظام الحلقي للتوزيع كي يرفع من معامل الاعتمادية ويزيد من كفاءة أداء تشغيل الشبكة مما يمكننا من تقليل الفاقد الفني من الطاقة الكهربية، وهو ما نراه في الشكل رقم 1 – 13 حيث يكون لنظام مزدوج التغذية بينما يكون التوزيع الداخلي محوري ومنفصلا وهو بذلك لا يمكن أن يرفع الاعتمادية ولهذا نجد النظام الحلقي علي مستوى التوزيع المزدوج التغذية حلقي التوصيل كما هو وارد في الشكل رقم 1 – 14 يمكن أن يتاح ذلك بأن تكون التغذية مزدوجة الجهة بجانب أن تكون أيضا مزدوجة الجهد خصوصا وأن النقل الكهربي من المناطق المختلفة إلي المدينة قد يتباين فيها الجهد تبعا للمواصفات القياسية لكمية الطاقة المنقولة والمسافة المسموح بها اقتصاديا علي كل جهد (الجدول رقم 1 – 19).

الجدول رقم 1 – 19: الطاقة المنقولة Transmitted Power للحالات القياسية المناسبة للحسابات الاقتصادية

جهد (kV)	400 معوقة Ω	300-315 معوقة Ω	250-275 معوقة Ω	أقصي نقل، MW	أقصي مسافة، km
35	-	-	-	-	50-60
110	30	-	-	25-50	50-150
220	120	160	-	110-200	150-250
330	270	350	-	300-400	200-300
400	400	500	580	500-700	600-1000
500	600		900	700-900	800-1200
750			2100	1800-2200	1200-2000

3 – نظم التوزيع الكهربي متعددة التغذيـة
Multi side supply network

هي تلك النظم الأكثر ملاءمة للمدن الكبرى كما هو موضح في الشكل رقم 1 – 14 فيكون هناك نظام حلقي حول المدينة دائريا بحيث يخرج من كل جهة محطة محولات من الجهد العالي لتعطي الجهد المنخفض من كل ناحية كي تزيد من نسبة الاعتمادية للتوصيل حلقيا وإعطاء الفرصة للتغذية من أي محطة خارج المدينة إلي أي موقع أو منطقة داخل المدينة.



شكل رقم 1-13

4-1: تقنيات التخطيط الكهربي للمدن

تخضع وتتبع في ذات الوقت عمليات التخطيط الكهربي لكافة سبل التخطيط سواء ذلك التخطيط القومي المركزي والملزم لكل طبقات ومكونات المجتمع أوالتخطيط الإقليمي والمعمول به في عمليات التنمية الاجتماعية والاقتصادية والحركة العمرانية وذلك لاختلاف الأقاليم عن بعضها وفي توافر قدر معين من الموارد التي تميز إقليم عن آخر، وهو إطار مناسب لتنظيم حركة العمران وتوزيع السكان علي المساحة الأرضية والصناعات داخل أو علي حدود هذه المدن. يؤثر التواجد الكهربي كمرفق حيوي في التخطيط المحلي علي أساس الاهتمام بالوحدات المحلية وتحقيق الاستخدام الأمثل لموارد البقعة المحلية وتخطيط استعمالات الأرض وتحسين وتجويد البيئة المحيطة. يتأثر كذلك التخطيط الكهربي للأشكال الأخرى من حيث التخطيط العام مثل التخطيط الدولي والذي تقوم به المنظمات الخاصة والمتخصصة التابعة لهيئة الأمم المتحدة مثل البنك الدولي للإنشاء والتعمير، ومنظمة العمل الدولية ومنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية. كما يلمس هذا التداخل مع التخطيط الثانوي لجزء معين داخل المدينة ويوضح الشكل رقم 1 – 15 الإطار العام لعلاقة أجزاء المدينة ومرافقها ومختلف الأنشطة بها. كما يتأثر أيضا التخطيط القطاعي وهو ما يخص القطاعات المختلفة الاجتماعية والاقتصادية فمثلا يهتم التخطيط بقطاع الصناعة أو بقطاع السياحة أو بقطاع الزراعة فقط أن كان التخطيط القومي يهدف إلى التنمية الاقتصادية الاجتماعية الشاملة فإنه يهدف:

1- تعبئة الثروة البشرية ثقافيا وصحيا واجتماعيا
2- تنمية الثروات الطبيعية والإمكانيات الاقتصادية
3- تحسين البيئة المحلية
4- التحكم في استعمال ممتلكات المدينة أو الإقليم.
5- تحديد الاستعمال الأمثل لكل جزء في المدينة
6- توجيه عمليات التنمية العمرانية.

كما تلتقي عند هذا المستوى المشروعات التي تهم الدولة ككل والمشروعات التي تهم المجتمعات المحلية فتلتقي مع المشروعات القومية كالصناعات الثقيلة والجامعات والمستشفيات الكبرى المتخصصة والطرق القومية، ومع المشروعات المحلية كالصناعات الصغيرة والمدارس والمعاهد والوحدات الصحية وكذلك الشبكات الكهربية. كذلك تخضع خطوات التخطيط السليم لعدد من المراحل المتسلسلة نطرحها بصورة مبسطة كما هو آت.

أولا: مرحلة الإعداد

تشمل هذه المرحلة ما يلي:

1- وضع تخطيط اقتصادي اجتماعي للإقليم أو المدينة علي المدى الطويل مثل حالات المدن الجديدة.
2- تخطيط عام للممتلكات شاملا التجمعات العمرانية الجديدة وشبكات الطرق والري والصرف والكهرباء والخدمات الأخرى.

ثانيا: مرحلة التنفيذ والمتابعة

يتم العمل هنا في إطار محوري علي قطاعين هما التنفيذ والمتابعة ولذا نجد أنه بالنسبة لإطار التنفيذ يتم التنفيذ تبعا لبرنامج زمني في شكل :

1- خطة متوسطة المدى تتراوح مدتها من 5 – 7 سنوات وعادة ما تكون خطط خمسية متتالية.
2- خطة طويلة المدى تتراوح مدتها بين 10 – 20 عاما وقد تصل إلي 25 عاما.

أما بالنسبة للمتابعة التخطيطية فتجني منها المزايا الآتية:

1- التعرف علي ما يجري علي أرض الواقع أثناء تنفيذ الخطة وضمان هذا التنفيذ.

2- تعديل الخطة التي يجري تنفيذها على ضوء ما تظهره الضرورة أو العقبات.
3- تزويد هيئة التخطيط القومية بالبيانات والإحصائيات بشكل محدث أولا بأول.

ثالثا: مرحلة التقييم

يقصد بالتقييم ما هو يعني قياس مدي نجاح أو فشل مشاريع التنمية الإقليمية ومعرفة العوامل التي أسهمت في نجاح أو فشل خطة التنمية وما وصلت إليه من تقدم.
تشمل عملية التقييم عدة مستويات:

1- مستوي برنامج التنمية.
2- مستوي المشروع الإنتاجي الواحد.
3- مستوي القطاع.
4- مستوي الإقليم ككل.
5- المستوى القومي

بالنسبة للمعوقات التي تواجه التنمية الإقتصادية والمشروعات التخطيطية نجد:

1- المشكلة السكانية

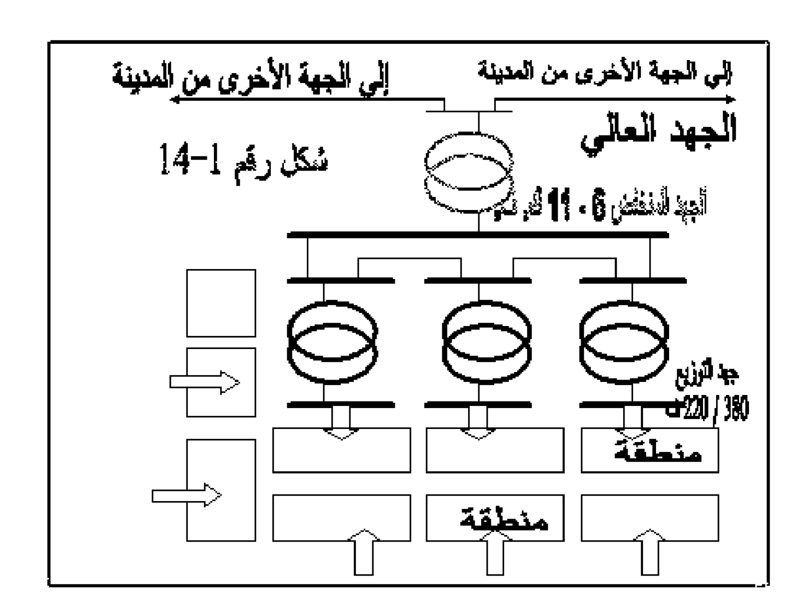
1- تشكل ظاهرة الزيادة السكانية مشكلة كبيرة ليست فقط علي الشبكات الكهربية بل أيضا علي كافة المستويات وخصوصا تلك الخدمية وهي التي يجب أن تتوافر فيها كفاءة الأداء وانتظام العمل لتغطية الاحتياجات المتزايدة وبسرعة كي تواكب التزايد السكاني فمثلا في مصر يأتي معدل الزيادة السنوية في السكان بقيمة 3ـ2%.
2- قلة الأرض الزراعية وعدم قدرتها على الوفاء باحتياجات الغذاء الأساسية للسكان الحاليين والمتزايدين في المستقبل.
3- تكدس السكان في مساحة ضيقة ومحدودة (وادي ودلتا النيل) وهي لا تزيد عن 4% من إجمالي مساحة مصر، بكثافة سكانية أكثر من 1000نسمة بينما قد تنعدم هذه الكثافة تماما في المساحات الصحراوية، كما هو الحال في مدينة طرابلس نسبة إلى بقية المدن الجنوبية في ليبيا.

رابعا: الإستغلال الأمثل للموارد المتاحة

يعني ذلك توزيع الموارد القومية بالطريقة الصحيحة وذلك لتحقيق التوازن الداخلي بالدولة بين المحافظات والأقاليم والشعبيات المختلفة وهو ما يحقق حلقة وصل بين المجتمع القومي والمجتمعات المحلية.

2- مشكلة البطالة والهجرة

كانت أبرز أهداف التخطيط الإقليمي تتبلور في توفير فرص العمل للشباب لمنع إنتشار فكرة الهجرة وهي القوة البشرية المتعلمة والمدربة وهي القادرة علي تنفيذ خطط التنمية عموما. هذه النقطة تبرز الظروف الفعلية للمناطق الريفية نسبة إلي المدن المتضخمة وخاصة الكبرى منها، بالرغم من تواجد كيانات محلية صالحة لأن تكون أقاليم تنمية وذلك لمواجهة التغيرات التي حدثت في فلسفة الحكم المحلي ذلك أن الوحدات المحلية الكبيرة (الأقاليم) عادةً ما تتمتع بموارد متنوعة وكبيرة ومن ثم يصبح في مقدورها أن تعتمد على نفسها اقتصاديا كما تستطيع أن تقدم خدمات أكبر للجماهير بواسطة كفاءات بشرية متخصصة ومؤهلة بحيث تصبح في موقف يمكنها إثبات وجودها.
كما نحتاج إلي التخطيط المحلي للمناطق المختلفة حيث تتحكم لائحة تخطيط المناطق تبعا للموارد الطبيعية والامكانيات المحلية، وهي الوسيلة لتنفيذ تخطيط استعمالات الأرض الوارد بالمخطط العام, في كثافة السكان على الأرض عن طريق:



جدول رقم 1- 20: الكثافة السكانية بالنسبة للأرض (مبني أو مساحة)

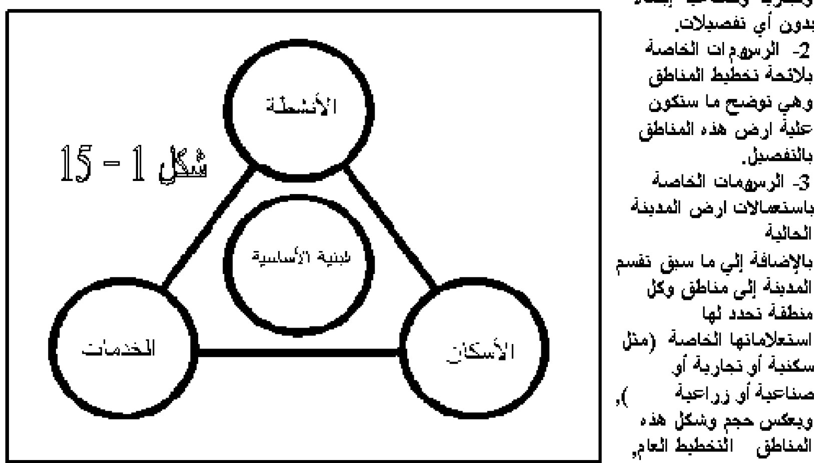
نوع الإسكان	كثافة / أسرة	مساحة مبنى م2
مفرد	1	400
متعددة الطوابق	2 وأكثر	400
عالية الكثافة	50 - 200	فدان

1- تحديد ارتفاع المباني و أحجامها وهو ما يعتبر ظاهرة جيدة في غالبية المدن الليبية.
2- الكثافة السكانية على الأرض.
3- النسبة المئوية للمساحة المغطاة بالمباني.

4- استعمال المبنى وإشغاله وعدم تركه حتي لا يتآكل عمره الافتراضي زمنيا.

يجب التمييز بين أنواع الرسومات والخرائط وهي:

1- رسومات المخطط العام وتوضح ما سيكون عليه ارض المدينة في المستقبل وتقسيمها إلى مناطق سكنية وتجارية وصناعية إجمالا بدون أي تفصيلات.



شكل 1 - 15

2- الرسومات الخاصة بلائحة تخطيط المناطق وهي توضح ما ستكون علية ارض هذه المناطق بالتفصيل.

3- الرسومات الخاصة باستعمالات ارض المدينة الحالية

بالإضافة إلي ما سبق تقسم المدينة إلى مناطق وكل منطقة تحدد لها استعلاماتها الخاصة (مثل سكنية أو تجارية أو صناعية أو زراعية), ويعكس حجم وشكل هذه المناطق التخطيط العام, والذي يشير مثلا إلي مناطق إسكان مفرد أو جماعي أو مجتمع زراعي أو غير ذلك ولكن التخطيط التفصيلي قد يرى ضرورة في استعمال تجارى داخل المنطقة.

أما عن المناطق السكنية فنجد معظم الاشتراطات الواردة بالتخطيط التفصيلي كثافات بنائية في المناطق المختلفة ، فقد تسمح منطقة بإنشاء مساكن مفردة بكثافة سكانية خمس أسر/ الفدان بينما في منطقة أخرى يسمح فيها بإسكان متعدد الطوابق تصل الكثافة السكانية فيه إلي عشرات الأسر/ فدان (جدول رقم 1- 20) ومثل هذه الخلافات يجب أن تظهر في المخططات التفصيلية لتأثيرها على المرافق والخدمات ومنها الشبكات الكهربية.

في مصر أيضا غالبا ما تشغل مناطق التجارة مساحة تتراوح بين 2-5% من مساحة ارض الحضر, وتقسم هذه المساحة بين وسط المدينة و الأحياء والمجاورات السكنية وهذه النسبة قد تقل للمدن الأصغر.

جدول رقم 1- 21: الكثافة البنائية السكنية بالنسبة للأرض الكلية

عدد الطوابق	4	2	1
نسبة %	25	50	100

جدول رقم 1-22 : المسافة والزمن بين المسكن والأنشطة المختلفة في المدن

بيــان الأنشطة	المســـافة (كم)	الزمــن ، ق
دور الحضانة	0.4	10
رياض الأطفال	0.8 -0.4	20-10
المدرسة الابتدائية	0.8 -0.4	20-10
المدرسة الإعدادية	1.5 -1.0	25-15
المدرسة الثانوية	2.0 -1.5	30-20
حديقة المجاورة	0.8 -0.4	20-10
ملعب المجاورة	0.8 -0.4	20-10
ملعب المدينة	-	45-30
مركز تجاري للمجاورة	-	20-10
مركز تجاري للحي	-	25-15
مركز تجاري للمدينة	-	45-30
مركز الحضر	-	45-30
مركز العمل	-	45-30

أن فكرة المراكز التجارية نجحت على مستوى المجاورات والحي والإقليم و نشطت ونشأة عمليات تنمية أخرى بجوار هذه المراكز. من الجهة الأخرى نجد المناطق الصناعية حيث تتنوع الصناعات فمنها الاستخراجية والتحويلية والتجميعية والتوزيعية أو الصناعات المعدنية والبترولية والكيماوية وتختلف نوعية المكونات الناتجة

عن عمليات الإنتاج الصناعي باختلاف نوع الصناعة, وعلى هذا الأساس تقسم الصناعات إلى صناعات خفيفة أو متوسطة أو ثقيلة وتوطن كل صناعة في المناطق الصناعية الملائمة لها. وقد ظهرت المناطق الصناعية المخططة أو المجمعات الصناعية أو الحدائق الصناعية, كما يجب أن يتم تخطيط هذه المناطق من جهة الاستعمالات بكثافة عالمية قياسية وهي عبارة عن مساحة ممهدة من الأرض تقع على طريق عام وتقسم الأرض إلى قطع ذات مساحات مختلفة مابين 50- 100- 200- 500 م2 وكذا1/2- 1/4-1-3-5 فدان وتزود بالخدمة والمرافق العامة.

نري مما سبق أن نسبة تواجد الأحمال الكهربية في المدينة ككل يعتمد علي التخطيط المسبق كما ظهر من النواح لسكاني والصناعي وإذا ما توجهنا إلي المناطق الزراعية سنجد أن تقسيم هذه الأرض يحكم بالزراعة والأنواع المناسبة لهذه المساحات فقد تقسم الأرض إلى قطع زراعية 2-5-10-20-40 فدان والاستعمالات المسموح بها بجانب الزراعة هي تربية دواجن و مزارع لماشية و مزارع الألبان وقد تسمح اللائحة باستعمال مسكن واحد لصاحب المزرعة.

يعتبر حجم المبنى احد معايير الكثافة البنائية وهو عبارة عن نسبة مجموع مساحات الأرضيات لجميع ادوار المبنى إلى المساحة الكلية للأرض, وعلى سبيل المثال تعني نسبة مساحة الأرضيات إلى مساحة الأرض الكلية وهي مبينة في الجدول رقم 1-21. من مقننات توزيع المسافات داخل المدن فيما يخص جهات الخدمات ومنها المدارس وهي مجدولة في الجدول رقم 1-22 بشكل عام لوضعها في الإعتبار عند وضع الأحمال الكهربية لهذه المواقع.

تعتبر هذه المعدلات هي الأصلح للمناطق السكنية ذات الكثافة المنخفضة مثل مناطق الإسكان السياحي أو المدن الجديدة، مثل مدن العاشر من رمضان والسادس من أكتوبر والعبو والشروق وغيرهم، والتي تتكون غالبيتها من مساكن مستقلة (فيلات), والجدول للاسترشاد وبالطبع يمكن أن تختلف هذه المعدلات من مدينة لأخرى حسب ظروفها المحلية. كما نري في الجدول رقم 1-23 الطاقة المستهلكة في ليبيا عام 2004 بالميجا وات ساعة.

جدول رقم 1-23: الطاقة المستهلكة في ليبيا عام 2004 بالميجا وات ساعة

نوعية الحمل	الطاقة	نوعية الحمل	الطاقة
منزلي	4037151632	تجاري	1416517555
زراعي صغار	906268908	مرافق عامة	1899482585
زراعي كبار	628834722	إنارة عامة	636239573
صناعي خفيف	374437688	صناعي ثقيل	2160333628
إجمالي		12059266291	

علي الجانب الآخر يلزم التعرف علي تفاصيل أساسية بالنسبة لمختلف أنواع المحطات وذلك بالمقارنة بين خصائص كل منها (الجدول رقم 1-24) خصوصا وأن مصر تتجه حاليا لإدخال نوعا جديدا من محطات التوليد لم نتعامل معه من قبل.

الجدول رقم 1-24: بيان لمقارنة بين مختلف نوعيات محطات التوليد

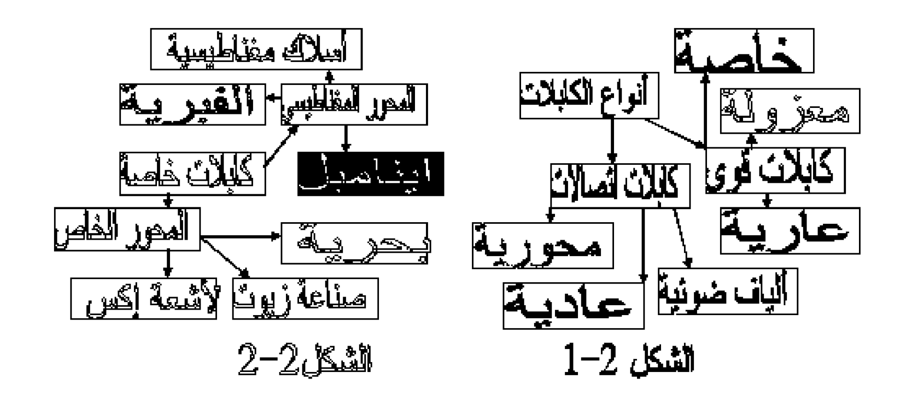
البيان	نوعية المحطة			
	نووية	مائية	حرارية	ديزل
زمن الإنشاء (عام)	10 – 8	10	4	قصير
تكلفة لكل ك.و. (ق)	25	40 - 15	10 – 5	25 – 15
تكلفة ثابتة/س	15	10	12	15
تكلفة الطاقة %	2	1	3	20
تكلفة الوقود	قليل	مهمل	مرتفع	عالي
ثمن نقل الوقود	منخفض	صفر	باهظ	متوسط
الصيانة	مرتفعة	منخفضة	متوسطة	منخفضة
تكلفة توزيع قدرة	قليلة	عالية	منخفضة	صفر
البساطة	معقدة	بسيطة	متوسطة	بسيطة
التلوث البيئي	الرفايات	نظيفة	عالي	قليل
مجال الإستفادة	حمل أساسي	حمل أساسي وذروة	عام	الذروة
الإعتمادية	مناسبة	جيدة	مناسبة	أقل
مساحة المكان	صغيرة	كبيرة	متوسطة	مهملة
الموقع	خارج المدن	مساقط مائية	قرب الوقود	أي مكان
قدرة الوحدة	ضخمة	كبيرة	متوسطة	صغيرة
مستوي الخطورة	عالي	قليل	متوسط	منخفض
العمالة	مميزة	مدربة	مدربة	متوسطة

الكبلات الكهربية في المدن
UNDERGROUND CABLES

تختلف الكبلات الكهربية عن الموصلات في احتوائها علي موصل بجانب العزل ومكونات أخري وهو ما يمكنه من العمل تحت الأرض علي عكس الموصلات التي لا تصلح إلا للخطوط الهوائية مما يميزها عند الإستخدام داخل الكتلة السكنية بشكل عام وفي المدن بشكل خاص. علي الرغم من أن الإنتشار العمراني غير سابق التخطيط قد يتسبب في الخلط بينهما داخل المدن وشبكاتها الكهربية. علي الرغم من هذا الإختلاف بين النوعين – أي الكابلات والموصلات إلا أنهما يشتركان في تواجد المعدن الموصل في الحالتين (ألومونيوم أو نحاس) وتتباين الكابلات في نطاق واسع ومتباعد في الاستخدامات كما هو وارد في الشكل 2-1 وتعتبر الموصلات كأحد حالات الكبلات بدون عزل بشكل عام.

2-1: الأنواع Types

تشمل كبلات الاتصالات كل من كبلات التليفونات والهوائيات والمعلومات والتحكم أما كبلات القوي فمنها العارية أو المعزولة وتدخل فيها تلك المعزولة جافة أو بالورق المشبع بالزيت أو الزيتية أو الغازية أو بالورنيش أو كبلات خاصة (شكل 2-2) سواء كانت مغناطيسية أو أخرى.



الشكل2-2 الشكل 2-1

يتم تنويع كبلات الجهد المنخفض في شبكات التوزيع (الشكل رقم 2-3) إلي:

1- كبلات زيتية Oil Cables

تنتشر هذه النوعية من الكابلات ويظهر منها المقنن والأكثر تواجدا علي الساحة التنفيذية نوعان هما:

(أ) كبلات ثلاثية القلب وتتحمل الضغط الجوي بمستوي 1 للقدرة البسيطة وحتى 15 ضغط جوي للقدرة الضخمة.

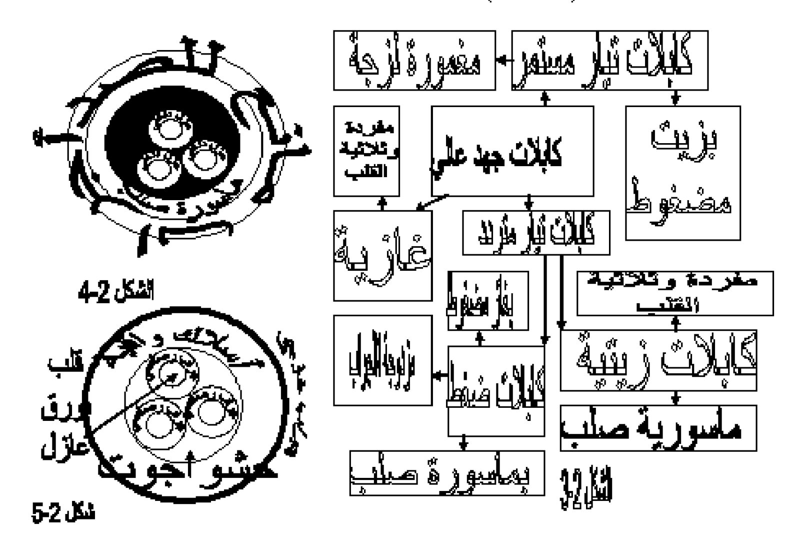
(ب) كبلات وحيدة القلب وتتحمل الضغط السابق أيضا.

2- كبلات غازية Gas Cables

تعمل عند ضغط 1، 3، 15جوي إضافة إلي إمكانية الاعتماد علي الجراب الرصاصي أو الألومونيوم ومنها أحادية وثلاثية القلب.

3- كبلات مسلحة مدعمة Reinforced Cables

بها أصناف عديدة منها الجراب الصلب أو مزدوجة الجراب أو ذو ماسورة بالغاز المضغوط (Compressed gas with polyethylene sheath) ويقدم الشكل 2-4 قطاعا بالكبل الزيتي ذو ماسورة ويندرج هنا الكبلات البحرية (الشكل رقم 2-5) لتحمل الضغط المائي في الأعماق أو بالمعابر البحرية مثل قناة السويس ومضيق جبل طارق والقناة الإنجليزية وهي باهظة الثمن ولذلك نلجأ إلي الكبلات غير البحرية إذا ما تواجد جسر أو نفق للمرور بالكبلات البديلة من خلاله، ونجد كبلات الجهد المنخفض شائعة الاستخدام ولكنها تتأثر بشدة مع ارتفاع درجة الحرارة مثل كبلات PVC (جدول 2-1).



الشكل 2-4

شكل 2-5

يبين الجدول 2-2 المواصفات الخاصة بكبلات التوزيع المستخدمة في الكهوف والمناجم والأنفاق وتظهر تغيرات هائلة في أنماط الكبلات لتتيح الفرصة في تنوع التعامل معها، أما كبلات الناقلات البترولية والبحرية 700 ف متردد أو 1 ك. ف. مستمر فهي تعمل عند حرارة بين + 40° م و 30° م ± 3 % برطوبة نسبية تصل إلي 97

وموصلاتها نحاسية بعزل مطاطي 5 ميجا أوم/كم سمك (1 – 3.2 مم^2) بجراب رصاص 2 – 4.5 مم^2 وتختبر بجهد 2.5 ك. ف. لمدة 15ق بعزل أكبر من 100 ميجا أوم/ كم علي الأقل عند 20° م للنوع المطاطي.

جدول 2-1: بيان بمقنن مقاومة عزل الكبلات لمعزولة بالبلاستيك بالأوم عند درجات حرارة مختلفة

جهد، ك. ف.	نوع العزل	24°م	50°م	60°م	65°م
1	PVC بولي اثيلين	100 - 5			- 0.005 30
6	PVC بولي اثيلين	100 - 30			30 - 0.05
10	بولي اثيلين	100		30	
35	بولي اثيلين	100	30		

أما كبلات أجهزة الأشعة أكس فلها مواصفات خاصة تمنع التسرب الإشعاعي وتعمل علي جهد 55 – 110 ك. ف. بسمك عزل مطاطي (10.9 – 13.5 مم علي التوالي للجهد) وبقطر حلقة حماية 0.25 مم مع استخدام القطن الأسود الداكن المصقول والفبر الكربوني بطبقات متتالية.

جدول رقم 2-2: المواصفات الفنية الأساسية للكبلات المستخدمة في الأنفاق والكهوف والمناجم

جهد (ك. ف.)	مقطع الموصل مم^2	عدد موصلات القلب	عدد موصلات الأرضي
0.5	70 - 1.5	3 – 2	3 – 2 – 1
0.66	35 - 6	3	4
0.5 ، 3 ، 6	70 - 6	3	1
3 ، 6	150 - 10	5	3 - 1 – 0

تستخدم كبلات الاتصالات ومنها الصوتية في التليفونات وهي عالية الكفاءة كما أن تحملها عالي للضغط ومانعة للتسرب المائي، بينما كبلات الجهد المنخفض تعمل في ظروف قاسية بمواصفات أعلي (جدول 2-3).

جدول رقم 2-3 : مواصفات سمك العزل الكهربي في كبلات جهد التوزيع

جهد (ف)	عزل مطاطي	عزل بلاستيك
500	2.4 – 1	2.4 – 1
1000		2 - 1.6

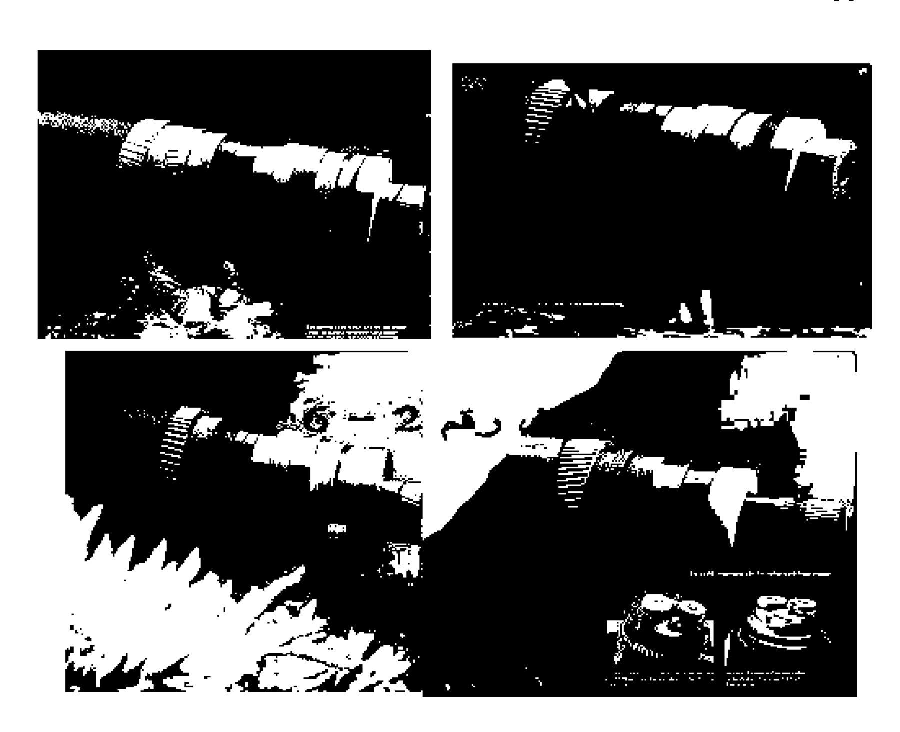
تظهر كبلات الاتصالات بالقدرة الضئيلة للتيار الخفيف وتبذبة استخدام محددة بمقاومة تقرب من 31.9 أوم / كم وسعة 25 نانو فاراد / كم عند 20°م (الجدول 2-4).
يضع الجدول رقم 2-5 الخواص الكهربية للكبلات التليفونية المقواة عديدة الأسلاك والمستخدمة بنجاح عمليا والتي تساعد في عمليات التفتيش الهندسي للوقوف علي صلاحيتها بينما هذه الصفات تتغير قليلا مع الكبلات الخزفية Enamel والفبرية Fiber (الجدول رقم 2-6) وتتميز بصغر السمك والحجم والجودة الفائقة في التشغيل.

جدول رقم 2-4 : الخواص الكهربية لكبلات الاتصالات العادية عند 800 هيرتز / كم

قطر مم	مقاومة Ω	حثية mH	سعة nF	معوقة Ω
0.5	184	0.7	31	1040
0.6	123	0.7	32	880
0.7	92.5	0.7	32.5	730
0.8	69.8	0.7	33	650
0.9	54.6	0.7	33.5	570
1	44.3	0.7	34	540
1.2	30.8	0.7	34.5	425
1.4	22.6	0.6	35.5	360
1.8	13.7	0.6	37	275

تنتشر الكبلات (مطاطية و بلاستيكية العزل) في شبكات التوزيع 380 / 220 ف ومنها أنواعا كثيرة (الشكل رقم 2-6) من حيث شكل القلب أو الجراب أو العزل الداخلي سواء لكل قلب أو بين الأوجه أو مع الأرض ومنها:
1- كبلات بعزل بولي اثيلين PVC وجراب Sheath

2- كبلات PVC غير مقواة بدون جراب **Without Sheath**
3- كبلات PVC مدعمة بشرائط صلب مزدوجة بجراب أو بدونه
4- كبلات مطاطية **Rubber Cables** (بولي كلور وبرين) ومنها نوعان (غير مقواة وبدون جراب – مدعمة بشرائط صلب مزدوجة)
5- كبلات مطاطية العزل بجراب رصاص ومنها ثلاث حالات (بدون جراب – مدعمة بشرائط صلب – مدعمة بأسلاك صلب بالجراب أو بدون جراب) وعادة ما يزيد العزل عند النهايات لرفع مستوى العزل السطحي لمنع حدوث شرارة.



أما بالنسبة لكبلات القوى **Power Cables** وبالرغم من ارتفاع سعرها إلا أنها تتميز عن الأسلاك الهوائية بما يلي:

جدول رقم 2-5 : الخواص الكهربية لكبلات التليفونات المستخدمة في المدن الكبرى لكل كم طولي

[illegible]	[illegible]	سعة متوسطة (µF)		أقصى سعة (µF)	
		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
0.4	148	0.05	0.05	0.055	0.055
0.5	95	0.055	0.05	0.055	0.055
0.6	65.8	0.041	0.03	0.045	0.043
0.7	48	0.042	0.04	0.046	0.044

1- انخفاض معامل الخطورة Risk Factor خصوصا عند قطع أحد الأسلاك إذا كانت هوائية
2- ارتفاع معامل الاعتمادية Reliability لأن التيار لا ينقطع بسببه تكراريا نسبة إلي الخطوط الهوائية كما هو محددا إحصائيا وتأثير المناخ علي التشغيل الآمن للشبكات وبها الأسلاك الهوائية
3- لا تتأثر بالصواعق Surges وكذلك بالكوارث الطبيعية مثل العواصف والأعاصير والظروف المناخية القاسية.
4- لا تتأثر بوجود الطيور Birds وما تسببه من أعطال في الأسلاك الهوائية

تظهر لها بعض العيوب غير الجوهرية مثل:
1- ارتفاع سعرها وبالتالي التكلفة
2- زيادة قيمة التيارات المتسربة إلي الأرض Stray Currents to Earth

هذه الكبلات لا بد وأن تتوافر فيها عددا من لمبادئ الأساسية وهي:
1- منع أي تجاوز للتحميل المقنن Over Loading
2- زيادة سمك العزل لرفع درجة الأمان Safety Factor والاعتمادية عند جهد التصميم
3- يجب تصنيع جميع المكونات من مواد مستقرة Stable كيميائيا وفيزيائيا
4- تحتاج إلي حماية ميكانيكية لتحمل الضغوط الخارجية أثناء التركيب والتشغيل أو أثناء إجراء الصيانة عليها.

الكبلات البحرية Marin يجب أن تتوافر فيها بعضا من الخصائص منها:
1- وضعها في أماكن بعيدة عن التيارات المائية وتأثيرها الديناميكي المتزايد مع عمق لمياه
2- وضع علامات دولية إرشادية وتحذيرية عن وجود كبلات أمام العاملين
3- يجب تلافي اللحام في الكبل
4- التوصيل بين نقاط ثابتة بصناديق توصيل Connection Box علي الشاطئين

5- يتم اختيار الموقع في أقصر مكان عبور مائي تقليلا للتكلفة المالية نتيجة ارتفاع سعر الكابلات البحرية إضافة إلي تقليل المجهود اللازم لتركيب هذه الكابلات وبالتالي تكلفة التركيب وكلها أسعار عالية.
6- ألا يكون الموقع به أعمال جرف ممكنة وبعيدا عن الأرصفة والموانئ
7- الالتزام برمي الكبل في خط مستقيم وفي حفرة بقاع البحر (النهر) بعمق 50 – 60 سم من القاع تغطى بشريحة أسمنتية وقاية من خطر الملاحة في هذا المكان تبعا للمواصفات.
8- استخدام مواسير صلبة لتمرير الكبل من داخلها ويشترط أن يكون قطرها الداخلي ضعف القطر الخارجي للكبل تقريبا طبقا للمواصفات الفنية.
9- وضع نهايات علي الضفتين وترك حوالي 30 م للبحار و 10 م للنهر علي كل جانب بصفة احتياطية لتغطية التغيرات الأرضية الممكنة مع التأثير الزمني
10- ترص الكبلات في حفر متجاورة بالقاع بينها ما لا يقل عن 25 سم في مجموعات
أما عن أعمال التركيب والتي تعتمد علي نوعية القاع ووقت العمل صيفا أم شتاءا أو في موقع جليدي أو غيره وكذلك طريقة التركيب المتبعة ولهذا فهي تحتاج إلي التنظيم التالي:
1- تجميع الكبلات في مجموعات (متجاورة)
2- التركيب لمجموعات الكبلات علي مراحل تبعا للحاجة المطلوبة من الأحمال الكهربية
3- عدم تداخل المجموعات منعا للضرر الناتج عن أعمال التركيب التالي والحرص الدائم علي تحقيق هذا الشرط
4- تتم أعمال التركيب بواسطة غواصين متخصصين في هذه الأعمال وضرورة توفير كافة المعدات والأدوات اللازمة والتي يجب أن تعمل بكفاءة كاملة 100 %.
5- اختبار الكبل بعد التركيب وبعد كل إضافة لوصلة جديدة
6- وضع خرائط مساحية ثلاثية الأبعاد لمسار الكبل وصناديق التوصيل والبيانات الفنية له
من أهم صفات هذه الكبلات:
1- خفة الوزن
2- مقاومة التفاعلات الكيميائية
3- خواص ميكانيكية عالية مع درجات الحرارة العالية
4- مضاد للشرخ
5- لا تتأثر بالتآكل الحراري الزمني
6- مجال التوزيع الحراري جيد ومتماثل
7- خواص كهربية مميزة
لتوافر هذه الصفات الجيدة تقابل بأسعار مرتفعة بشكل مذهل إلا أن هذه الكابلات قد قامت بالتغلب علي الكثير من المشكلات الفنية بخصوص نقل الطاقة عبر البحار والمجاري المائية.

2-2: الخواص الكهربية Characteristics

يعتمد تصميم الكبلات علي توفير الحماية الذاتية بأقل تكلفة مع وضع المرونة وأسلوب الرمي أو الصيانة أو الكشف والتفتيش في الاعتبار مما يستلزم الدقة في اختيار مكونات الكبل وصفاته الهندسية ومن أهمها:
1- مقنن التيار
2- مقنن جهد التشغيل
3- شكل تغير الأحمال علي الكبل
4- الاحتمالات لقيمة وشكل موجات الجهد الصاعقي

جدول رقم 2-6 : بيان بالأسلاك المغناطيسية (الخزفية والفبرية)

عزل الأسلاك	قطر القلب مم	سمك العزل مم
نسيج قطني مزدوج الطبقات	5.2 – 0.38	0.33 – 0.22
	مستطيل (0.9/ 5.5 – 15/2.1)	0.44 – 0.27
خزف بالراتنجات وطبقة من نسيج القطن المغزول	2.1 – 0.38	0.22 – 0.17
طبقة خزفية وطبقة من الحرير الطبيعي	1.56 – 0.05	0.16 – 0.08
طبقة خزفية وطبقة فبر مغسول	1.3 – 0.06	0.17 – 0.09
طبقات متتالية من ورق الكبلات أو التليفونات	!1.2 - !2 5.2 – 2.26 مستطيل (1/ 5.6 – 3/ 19.6)	1.2 – 0.3 5.76 – 0.3 1.92 – 0.45
طبقات من ورق الكبلات	مستطيل (1.8/ 5.6 – 2.1/ 14.5)	4.4 – 2
ثلاث طبقات فبر مغسول وطبقة قطن مغزول	مستطيل (0.9/ 5.5 – 2.1/ 14.5)	0.53 – 0.38

5- طريقة رمي الكبل

6- الظروف البيئية المحيطة.

تعطي المعاملات الكهربية مؤشرا لحالة الكبلات ويتم تصميم الكبلات ضئيلة التيار تبعا للتيار والمقاومة الميكانيكية للعزل بينما ينضم إليهما التأثير الحراري أساسيا للجهد الأعلى ومن أهم المؤشرات الكهربية تظهر زاوية العزل $\tan \delta$ ويتبع في التصميم ما يلي:

1- اختيار مقطع القلب المعدني المناسب للتيار المقنن

2- حساب توزيع المجال وسمك العزل الكهربي الضروري

3- حساب تأثير الانتقال الحراري

4- تعديل ما سبق حسابه تبعا للتأثير الحراري والتأكد ثانية في كل تعديل أو إضافة.

5- يمكن إدخال نظم التبريد الحراري عند الضرورة مع الأحمال العالية سواء بالزيت (السارى أو المضغوط) لنقل الحرارة إلي الخارج أو الغاز أحيانا.

6- التأكد مرة أخري

ينتج المجال الكهرومغناطيسي في عزل كبل بقطر r مع التيار المتردد حيث يظهر المجال الكهربي V بدلالة الشحنة Q في وحدة العزل فراغيا والنفاذية التخلخلية بشدة ($\varepsilon\, \varepsilon_o = 0.0885$ فاراد / م)، فنحصل علي:

$$\nabla^2 V + Q / (\varepsilon\varepsilon_0) = 0 \qquad (2\text{-}1)$$

القيمة النسبية للعزل ε والتحويلية (Laplacian) لابلاس ∇^2 وذلك مع حرارة العزل T مع معدل انتقال حرارة من وحدة حجم العزل q كثافته γ بتوصيلية وسعة حرارية λ ، C:

$$\nabla^2 T + q / \lambda = 0 = (\gamma C / \lambda) \,|T\,| / t \qquad (2\text{-}2)$$

من ثم نحصل علي المعادلة الأخيرة في المحاور الأسطوانية (مسافة z وزاوية ϕ):

$$\nabla^2 V = (1/ r)\,|\,/\,|\,r\,(r\,|V/\,|\,r) + (1/ r)\,|\,V / |\phi + |V/ |z = (1/ r)\,|\,/\,|\,r\,(r\,|V/\,|\,r) \qquad (2\text{-}3)$$

باعتبار عدم وجود شحنات حجمية أو تواكم حراري بالعزل الكهربي نصل إلي:

$$\nabla^2 V = \nabla^2 T = 0 \qquad (2\text{-}4)$$

بالنسبة للكبلات دائرية المقطع وحيدة القلب تكون المعادلة بثابت تكامل (A=$(r\,|V/\,|\,r)$))

$$(1/ r)\,|\,/\,|\,r\,(r\,|V/\,|\,r) = 0 \qquad (2\text{-}5)$$

لجهد القلب المعدني V_o بقطر r_o بفرض جهد الجراب صفريا نستنتج ثابت التكامل بالقيمة:

$$A = - V_o / \ln (R/r_o) \qquad (2\text{-}6)$$

نحصل علي قيمة شدة المجال الكهربي E بالصيغة:

$$E = - \ |V/ \ | r = V_o \ / r \ln (R/r_o) \qquad (2\text{-}7)$$

هذه العلاقة صحيحة فقط إذا كان العزل ثابتا بين الجراب والقلب وحيث أن التحليل الرياضي يصعب مع عدم ثبات هذا العزل فيلزم محاولة توزيع المجال بالتساوي علي طول عمق العزل وهذا لا يمكن تحقيقه عمليا ولكن يمكن تحسين الفارق بين طرفي شدة المجال الأقصى والأدنى ولهذا ظهرت الحاجة إلي تعدد طبقات العزل داخل الكبل ويكون العزل الأقوى هو الأقرب من القلب المعدني للكبل، وكبلات التيار المستمر ذات توصيلية γ (مقلوب المقاومة) مع تيار امتصاص عن تسرب الشحنات الساكنة المتراكمة علي الأسطح والذي يتأثر بالثابت الزمني للحالات الانتقالية بينما لكبلات التيار المتردد يطول الثابت الزمني أو يقصر ويصبح توزيع المجال بتزحزح كهربي للشحنات D تبعا للصيغة:

$$D = (\varepsilon\varepsilon_o) \ E = - (\varepsilon\varepsilon_o) \ |V/ \ | r \qquad (2\text{-}8)$$

إذا قل هذا الزمن عن نصف دورة فتزيد كثافة التيار j:

$$j = \gamma E = - \ \gamma \ |V/ \ | r \qquad (2\text{-}9)$$

يكون الانتقال الحراري في وحدة الحجم q محددا بالعلاقة:

$$- \lambda \ |\tau/ \ | r = q \qquad (2\text{-}10)$$

فالزيادة الحرارية τ تعبر عن الفرق الحراري بين حرارة الجراب T_{sh} ودرجة الحرارة عند بداية العزل T (أي عند سطح الموصل في العزل بالطبقة الولحدة):

$$\tau = T - T_{sh} \qquad (2\text{-}11)$$

من الوضع التماثلي فيمكننا اعتبار:

$$D \sim j \cong q \qquad \& \qquad (\varepsilon\varepsilon_o) \sim \gamma \sim \lambda \qquad (2\text{–}12)$$

فنحصل علي المعادلة التفاضلية

$$|V/|\, r \sim |\tau/|\, r \,, V = T \qquad (2\text{-}13)$$

باعادة توزيع الشحنات علي لسطح S لمنع تيار التسرب I مع الحرارة الكلية Q_t داخل السطح المغلق فتكون المعادلات التكاملية:

$$\int D\, ds = Q \,, \int j\, dS = I \quad , \int q\, dS = Q \qquad (2\text{-}14)$$

بفرض عدم تواجد مصدر حراري خارجي واختفاء ظاهرة التكتل الفراغي للشحنات *(Space Charge)* فنجد للوحدة الطولية من الكبل مع الفقد الحراري p_c للحرارة الكلية داخل الكبل أن:

$$-|V/|\, r = E = Q/(2\pi\, r\, \varepsilon\varepsilon_o) = I/\, 2\pi\, r\, \gamma = p_c/2\pi r \lambda \qquad (2\text{-}15)$$

بتكامل المعادلة السابقة نستنتج السعة C للكبل

$$C = Q/V_o = 2\pi\, r\, \varepsilon\varepsilon_o /\ln R/r_o \qquad (2\text{-}16)$$

شدة المجال الكهربي موضع بالعلاقة

$$E = V_o/(r\, \varepsilon \int [\, dr / r\,]\,) \qquad (2\text{-}17)$$

نحصل علي قيمة مقاومة العزل R_{ins} بالصيغة

$$R_{ins} = V_o/\, I = \tfrac{1}{2}\pi\gamma \;\; \ln R/r_o \qquad (2\text{-}18)$$

أما الزيادة الحرارية الأعلى τ فوق درجة حرارة الجراب الخارجي فتتحدد بالقيمة:

$$\tau = p_c\, \pi\, \lambda \;\; \ln R/r_o \qquad (2\text{-}19)$$

من الصورة العامة لقانون أوم تكون المقاومة الحرارية لوحدة الطول S_{ins} هي

$$S_{ins} = \frac{1}{2\pi\lambda} \ln R/r_o \qquad (2\text{-}20)$$

مما يشير إلي إمكانية التقارب بين المعاملات المختلفة بالشكل:

$$1/C \sim R_{ins} \sim S_{ins} \qquad (2\text{-}21)$$

هذا التشابه نتيجة اعتمادهم علي المعامل الهندسي للنسبة بين أبعاد الكبل والتي ظهرت تحت اللوغاريذم ولذا يمكننا الحصول علي بقية المعاملات إذا تعرفنا علي أيهم بالاستعانة بهذه النسبة بل ونقدم الجداول لتطبيقية هذا النسق بشكل جيد ونستعرض بعض الحالات فيما يلي:

شكل 2-8

أولا: كبلات التيار المستمر

بوضع الفروض العامة السابقة في التحليل الرياضي وعند التحميل للجهد بدون تيار بالكبل نستطيع التعامل مع التأثير الحراري نتيجة الفقد الكهربي تبعا لقانون جول حيث يتم التصرف الحراري علي أبعاد القلب والعزل الكهربي مما يقلل مقاومة العزل مع ارتفاع الحرارة وتتغير التوصيلية الحرارية معتمدة علي شدة لمجال النسبي E_R منسوبا إلي الجراب الخارجي والفقد في الجراب γ_o تبعا للصيغة:

$$\gamma = \gamma_o \; e^{(\alpha\tau)} (E/E_R)^k = \gamma (R/r)^m \qquad (2\text{-}22)$$

كما يظهر الشكل 2-7 مدي تأثير المعامل (m) علي مستوى تدرج شدة المجال داخل العزل، حيث أن هذا المعامل يتحدد لكل نوعية عزل فمثلا للكبلات البوليانيلين قيمته 21 - 24 بينما للعزل الورقي المغمور بالزيت يكون صفرا فالنسبة بين شدتي المجال تأخذ الصورة:

$$(2\text{-}23) \quad \gamma_R R/r\gamma \, , \; m= [k + (p_c\alpha/2\pi\lambda)]/(k+1) \; (E/E_R)=$$

ثانيا: كبلات وحيدة القلب

يتميز الكبل المفرد بالتماثل الهندسي حول المحور مما يجعل التوزيع متجانس للمجال الكهربي والمغناطيسي ولكنه يكون مرتفعا عند القلب ويقل بشدة بجوار الجراب ولذلك يفقد العزل البعيد عن القلب الكثير من قدرته وإمكان قلة الضغط الكهربي عليه وبذلك تزداد التكلفة



شكل 2-7

بينما يتحدد معامل الاستغلال الفعلي η بدلالة النسبة $N = R/r_o$ بمجال متوسط E_{av} بالمعادلة :

$$\eta = E_{av}/E_m = r_o \ln R/r_o/(R-r_o) = \ln N/(N-1) \quad (2\text{-}24)$$

سمك العزل يحدد الجهد التشغيلي الأقصى للكبل ويكون معامل الاستغلال مساو للوحدة لثبوت المجال ومساوي النسبة بين جهد التشغيل وسمك العزل وهذا محتمل في كبلات التيار المستمر علي عكس كبلات التيار المتردد حيث يتم استخدام مواد عازلة متتالية كطبقات فوق بعضها كي لا يكون معامل الاستغلال ضئيلا كما في الشكل 2-8 وبذلك نرفع قيمة معامل الاستغلال كما يعرف باسم العزل المتدرج Graded Insulation وتصبح شدة المجال علي النحو:

$$E = V/\varepsilon r\{\ln (r_1/r_o)/\varepsilon_1 + 1/\ln (r_2/r_1)/\varepsilon_2 + \ldots + \ln (R/r_{n-1})/\varepsilon_n\} \quad (2\text{-}25)$$

تكون قيمة السعة هي:

$$C = 2\pi\varepsilon_0 / \Sigma \{[\ln(r_i/r_{i-1})]/\varepsilon_i\} \quad (2\text{-}26)$$

ففي الحالة المثالية إذا تساوى المجال الأقصى علي كل نوعية عزل في كل طبقة عازلة i بجانب تساوي النسبة بين أقصى وأدني شدة مجال في كل طبقة فتكون النفاذية هي:

$$\phi_i = E_i / E_{i+1} \quad \& \quad \varepsilon_i / \varepsilon_{i+1} = \kappa_i$$

ويكون الناتج لقيمة شدة المجال هو

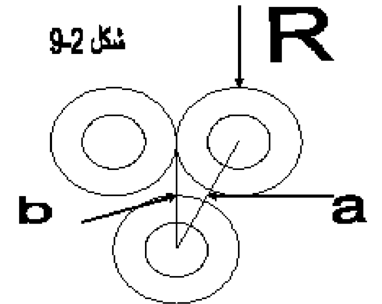
$$E = V/\varepsilon r \ \{\ln (r_1/r_o) / \varepsilon_1 + \ln(R/r_1) / \varepsilon_2 \} \qquad (2\text{-}27)$$

حيث نجد معامل الاستغلال بالصورة

$$N = P/\rho o = \kappa_{v-1} \ \phi_{v-1} \ \varepsilon (\psi/\kappa_{v-1}) = \kappa\phi \ \varepsilon (\psi/\kappa)$$

$$\psi = V/ r_o E_{1m} - \ln kf \qquad (2\text{-}28)$$

بشرط الحفاظ علي أفضل استغلال تبعا للشرط التالي والممكن للكبلات المطاطية والبلاستيكية كما نستخدم كبلات مزدوجة الطبقات



$$f_i k_i > 1 \ \& \ f_{i+1} k_{i+1} / f_i k_i > 1 \qquad (2\text{-}29)$$

ثالثا: كبلات ثلاثية القلب

لما كان المجال الكهربي متجانسا في الكبلات مفردة القلب يظهر التباين هنا مع الكبلات ثلاثية القلب فيجعلنا مضطرين إلي الاعتماد علي الطبقات المتعددة المتتالية لرفع قيمة معامل الاستغلال فال شكل 2-6 يبين الأطوار الثلاثة وفي الشكل 2-5 يتحدد النقاط (a , b) علي محيط الدائرة بنصف قطر القلب المعدني بينها العزل بقطر R أكبر. في الكبلات ثلاثية القلب بالجراب غير الشبكي أو تلك غير أسطوانية المقطع حيث المجال غير متجانس وتكون مركبة المجال المماسية أقل من تلك المحورية أي العمودية بما يقرب من عشرة مرات ولهذا لا بد من حماية الكبلات العاملة علي الضغط العالي بشبكة واقية فينتج المجال الكهربي المحوري بقيمة كبيرة بينما في الجهود المنخفضة (التوزيع) نعتمد علي القدرة الميكانيكية والحرارية في التصميم، ومن ثم نجد أن شد ة المجال القصوى E_m بين وجهين نعتمد علي سمك العزل Δ وجهد التشغيل الخطي V_1 وقطر القلب المعدني r_o وذلك بالصيغة:

$$E_m = V_1 \ (\tfrac{1}{2} \Delta + 0.18/ r_o) \qquad (2\text{-}30)$$

تظهر أقصى شدة مجال عند النقطة a بالقيمة

$$E_{a,m} = V_1 \ \{(N+1)(N-1)\}^{1/2} / \{2 \ r_o \ln [N+(N^2-1)^{1/2}]\} \qquad (2\text{-}31)$$

تزيد قيمة شدة المجال القصوى في المعادلة هذه عن السابقة التقريبية خصوصا مع القلب البيضاوي (غير دائري) ولكننا نعتمد عل معادلات الكبلات مفردة القلب للحصول علي المجال علي سطح القلب لاتساع نصف القطر الخاص به ونحصل علي قيمته R_{seg} بالصورة:

$$E_a = V_{ph} / [\, R_{seg} \ln\{(R_{seg} + \Delta + \Delta_1)/ R_{seg} \}] \quad (2\text{-}32)$$

يمكن إهمال الجزء الصغير من السمك ونحصل علي القيمة مبسطة مثل:

$$E_m = V_{ph} / [\, r_m \ln\{(r_m + 1.155\, \Delta)/ r_m \}] \quad (2\text{-}33)$$

تستخدم المعادلات هذه عند حساب جهد التصميم للكبلات ذات الجهد المنخفض حيث المجال الكهربي غير قطري وبالتالي تكون شدة المجال في النقطتين (m,n) وبقطر انحناء ρ_A محددة طبقا للمعادلة:

$$E_{m,n} = V_{ph} / [\, r \ln\{(r + \Delta)/ r \}] \quad (2\text{-}34)$$

لذلك نتجه إلي عمل شبكة حماية كي نحدد المجال بصورة أسهل من المعادلة

$$E_A = V / [\rho_A \ln\{(\rho_A + \Delta_a)/ \rho_A \}] \quad (2\text{-}35)$$

أما إذا استطعنا إيجاد الشكل الدائري مع الحماية الشبكية هذه حول الكبل مع زيادة عدد الأسلاك الخارجية m للكبل لأكثر من 12 سلكا:

$$E_m = V\lambda \ln (R/r_o)/[r_o \ln (R/r_o) \ln(\lambda/m) + m \ln (R/r_o)] \quad (2\text{-}36)$$

تتحدد قيمة المعامل λ من المعادلة:

$$\lambda = [1 + m \sin (\pi/m)]/\sin (\pi/m) \quad (2\text{-}37)$$

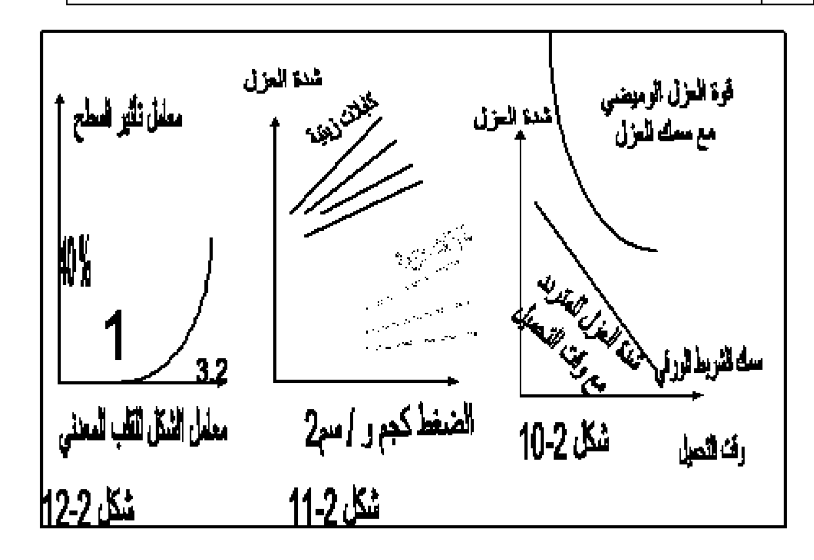
3-2: تصميم العزل الكهربي

يتنوع انهيار العزل في الكبلات إلي ثلاث أنواع نتيجة التعقيد في عمليات الانهيار الكهربي في المواد العازلة وتداخل الخصائص الكيميائية والطبيعية إضافة إلي تأثير درجة الحرارة علي الوسط وأيضا الجهد الكهربي المستخدم علي توزيع المجال غير المنتظم داخلها وهي:

1- الانهيار الكهربي **Electric Breakdown**
2- الانهيار الحراري **Thermal Failure**
3- الانهيار التأيني **Ionization** في الغازات المتواجدة داخل العزل الصلب

الجدول رقم 2-7: ثوابت التصميم التقريبية لجهد التصميم لذبذبة التشغيل

القيمة	اختصاص المعامل	معامل
1.15	يمثل أقصى زيادة ممكنة في جهد التشغيل المعتد	k_1
1.25- 1.5	الانخفاض المحتمل في شدة العزل بالتصميم عن القيمة الفعلية وتخضع للإحصائيات نتيجة ظهور الثغرات في العزل وهي 15-20 % بجانب التأثيرات الأخرى 10-25 %	k_2
2.25- 2.5	يعطي تأثير الجهود الزائدة الداخلية والتي تصل 310 % لجهد 110 ك. ف. و 225 % لجهد 500 ك. ف.	k_3
1.1- 1.2	يمثل انخفاض ضغط الزيت في الكبل الزيتي أو ضغط الغاز في الكبلات الغازية (كفاءة العزل)	k_4



شكل 2-10

شكل 2-11

شكل 2-12

كما يتأثر بدرجة كبيرة الانهيار في العازل ذو الخواص الطبقية والرقائق العازلة **laminated insulation** مع تواجد الشحنات الزاحفة **creep charges** داخل الأشرطة الورقية المشبعة بالزيت **impregnated paper tapes** وهو ما يسهل من ظهور النقاط الضعيفة داخل الوسط خصوصا مع الزيادة الطولية، وهذه الأسس تخضع للقواعد الإحصائية لاختيار أقل قيمة مسببة انهيار العزل ويعطي الشكل 2-10 المنظر العام لتغير شدة المجال للعزل مع التأثير الزمني لتواجد الجهد علي العزل وتأثير سمكه وعمره الذي عادة يؤخذ له العمر الافتراضي (40 سنه).
أما عن تأثير نوعية العزل إذا كان الكبل ذو العزل الزيتي أو المملوء بالغاز فنجد أن العزل الزيتي يصمد أكثر عن تلك الكبلات الزيتية بالرغم من أن كلا النوعين يعتمد علي الضغط الخاص لنوع العزل ويوضح الشكل رقم 2-11 العلاقة بين شدة العزل الكهربي وضغط الزيت أو ضغط الغاز بالعزل داخل الكابل وتعطيه هذه العلاقة في صورة رسم **Chart** يستخدم عند حساب جهد التصميم حيث يتوقف التصميم الكهربي علي تأثير كلا من المجال الكهربي والمجال المغناطيسي وأيضا تأثير الفقد الكهربي في الجراب الواقي له وهو ما سوف نتعرض له في النقاط التالية.

أولا: جهد التصميم

يعتبر جهد التصميم الكهربي للكابل من المبادئ الأولية عند تصميمه ولذا نحتاج إلي بعض البيانات المساعدة لتحديد مدي تحمل العزل الكهربي للحمل والضغط المجالي عليه ومن ثم تؤخذ في الاعتبار القواعد التالية عند تصميم الكبل:

1- قوة تحمل العزل ذو الخصائص غير المتماثلة علي طول المسار
2- مدة سريان التيار الكهربي بصفة مستمرة دون انقطاع
3- الجهود الانتقالية (داخلية أو خارجية) التي تعتمد علي مكونات الدائرة الكهربية.

بذلك يتم اختيار جهد التصميم لحالتي التشغيل واحتمالات انهيار العزل كهربيا نتيجة الجهد الصناعي (50 – 60 هيرتز) معتمدا علي قيمة الجهد الخطي ولذلك يظهر معامل خاص بالنظم ثلاثية الطور تبعا للمعادلة:

$$V_1 = k_1 \ k_2 \ k_3 \ k_4 \ V_{rated} \ / \ [3]^{½} \qquad (2-38)$$

جميع المعاملات بهذه المعادلة مجدولة بالجدول 2-7 تبعا للحالات التطبيقية.يمكن تبسيط هذه المعادلة بدمج الثوابت معا ويتراوح قيمته من 3 إلي 5 مع العازل الجيد وإضافة الوقاية المناسبة.

الجدول رقم 2-8: جهد اختبارات الكبلات (ك. ف.)

مقنن	تشغيل أقصى	اختبار أدنى	اختبار عادي	اختبار مقصر
33	36	154	170	-
110	123	420	550	450
132	145	500	650	550
150	170	560	750	650
220	245	820	1050	900
380	420	1360	1550	1425

أما جهد التصميم لاحتمال ارتفاع الجهد بناء علي الموجات النبضية وتأثيره علي تقليل قدرة العزل يكون عمليا في حدود 1.3 – 1.1 بينما جهد الاختبار يتبع الجدول 2-8 حيث القيمة الدنيا تشير إلي استخدام الكبلات غير المتصلة مباشرة مع الخطوط الهوائية حيث لا تتواجد الموجات المسافرة المرتدة والمسببة للجهود الزائدة بينما القيمة المقصرة **reduced** تعني القيمة المطلوبة للكبلات ذات التأريض لنقطة التعادل وتلك المتصلة مع الخطوط الهوائية التي تستقبل هذه الموجات، وتشير إلي الضرر البالغ لتكرار الاختبار النبضي ولهذا يجب ترشيد هذا النوع من الاختبارات.

تستخدم عادة مادة من طبقتين من العزل المتدرج في شدة عزله في كبلات الجهد العالي والتي دائما تكون مدعمة **screened** حول القلب المعدني والعزل كطبقة خارجية من الجراب **sheath** المؤرض لمعادلة توزيع الجهد علي العزل وتقليل تأثير المعدن علي عمر العزل لأن جودة التركيب تقلل من ظهور الثغرات الهوائية، وهي دائما السبب الرئيسي في انهيار العزل أو ضعفه علي الأقل حيث شدة المجال تتناقص بزيادة القطر مما يفيد زيادة سمك العزل تدريجيا في كل طبقة عن سابقتها مع الحفاظ علي معامل الأمان **safety factor** ثابتا فيقل بذلك عدد الشرائط الورقية فترفع جودة العزل **insulation wrapping** وبهذا نحسب سمك العزل تبعا للصيغة:

$$N = R / r_0 = k\ f\ e^{([V/ r_o E_1 \omega - \ln f k] / k)} \qquad (2\text{-}22)$$

يتم حساب جهدي التصميم ومن ثم نختار السمك الأكبر فمثلا لحساب عزل الكبل 220 ك. ف. الزيتي بضغط 15 جوي فإذا كان قطر القلب 24.4 مم نختار معاملات التصميم تبعا لنوعية الورق العازل وسمكه والمجدول بعضه في الجدول رقم 2-9 حيث نختار ثلاث بسمك 0.075، 0.125 ، 0.175 مم ومن الرسم الخاص **Chart** للوصول إلي شدة العزل بعد مدة تشغيل ومثيله من الجاهد الوميضي فنحصل علي قيمة المعامل لجهد ذبذبة التشغيل:

الجدول رقم 2-9 : أنواع العزل الكهربي وخصائصها

رقم طبقة	سمك ورق مم	كثافة ورق ، جم/سم3	سماحية	جهد كسر، ك. ف/مم	شدة مجال نبضي، ك.ف/مم	نسبة مجالي تشغيل E_2/E_1	نسبة مجالي جهد نبضي	نسبة سماحية $\varepsilon_2/\varepsilon_1$
1	0.075	1.2-1.1	4.3	50	100	-	-	-
2	0.125	0.9-0.85	3.5	47	90	1.064	1.11	1.23
3	0.175	0.9-0.85	3.5	46	86	-	-	1.23

$$N_1 = R / r_0 = k\ f_1\ e^{([V_1 / r_o E_1 \omega - \ln f_1 k] / k)} = 1.23\ (1.064)\ e^{([508/12.2\ (50) - \ln 1.23\ (1.064)] / 1.23)} = 2.07 \qquad (2\text{-}41)$$

المعامل الثاني الخاص بالجهد النبضي يصبح

$$N_2=1.23\ (1.11)\ e^{([1.08/12.2\ (100)\ -\ \ln 1.23\ (1.11)]\ /\ 1.23)}=2.18 \qquad (2\text{-}42)$$

بهذا يكون جهد التصميم للذبذبة V_1 وللجهد النبضي V_2 يكونان

$$V_1= 4\ (220)/?\ 3= 508\ \text{kV}\ \&\ V_2= 900\ (1.2)= 1080\ \text{kV}$$

من هذه النتائج نختار القيمة الأكبر للمعاملات وهي N_2 والذي ينتج عنه سمك العزل المطلوب بينما يتم الاختيار لحالات الجهد المنخفض والتوزيع بناء علي قيمة الجهد للذبذبة وباستكمال المثال نحصل علي نصف القطر بقيمة $(R_2 = 2.18\ (12.2) = 26.6\ mm)$ وسمك العزل بقيمة $(R_2 - r_o = 14.4\ mm)$ ويكون نصف القطر الأول هو$r_1 = 1.11\ (1.23)\ 12.2 = 16.6\ mm$ ويتم التفاضل بين الأنواع المختلفة لتحديد الأنسب حيث أقل سماحية 0.125 كطبقة أولي ويكون السمك 0.075 فيصل السمك إلي $r_1 - r_o = 4.4\ mm$ والفاصل بين الطبقتين يحسب بنفس الأسلوب مع اعتبار f للطبقة الثالثة وبقيمة $(f = 100/86 = 1.162)$ ثم $(r_2 = 1.162\ (1.23)\ 12.2 = 17.4\ mm)$.

مادام التصميم يتم علي الجهد النبضي وبعد تحديد السمك يجب عدم الخروج عن قيمة الجهد 508 ك. ف.، عند جهد نبضي 1080 ك. ف. يكون شدتي المجال علي الطبقيتين هما 100، 90 ك. ف. / مم، ولجهد الذبذبة 5.8 ك. ف. تكون النسبة بين الجهدين 2.12 ومن ثم لا حاجة لإعادة الحساب بل يمكن أخذها كنسبة من الحسابات السابقة فتكون للطبقة الأولي 47.1 والثانية 42.5 ك. ف. حيث لم نصل لقيمة إلي جهد التصميم لأي من الطبقات، أما إذا خرجت القيمة لزم التعديل وإعادة الحساب مرة أخري وتكرار ذلك، كما تتبع أيضا نفس طريقة الحساب مع الكبلات الغازية.

بالنسبة للكبلات الورقية المغمورة بالزيت tough impregnated cables فيكون اختيار شدة الجهد طويل المدي بقيمة 12 ك. ف. / مم ومعامل أمان 3.5 – 4، مع كبلات التوزيع 6 – 10 ك. ف. بالقلب المقسم segmental core cables يظهر المجال غير القطري ويكون جهد التصميم أقل عن سابقه ومن الضروري التأكد من أقصي شدة مجال، أما بالنسبة للكبلات المعزولة بالبلاستيك فإنها لا تعتمد علي قطر لقلب المعدني وبهذا يؤخذ جهد التصميم علي أساس شدة المجال المتوسط وليس الأقصي وهو يتراوح بين 1.8 حتى 2.5 ك. ف. مم ويزيد معامل الأمان لها وخصوصا الميكانيكي إذا كانت كبلات في جهد التوزيع ومن الهام طلاء القلب المعدني بطبقة رقيقة من البولي اثيلين (شبه موصل) قبل العزل ويوضع عليه حماية screen وغيرها عند اللزوم.

ثانيا: المجال المغناطيسي

بمجرد مرور التيار في الكبل يتولد مجال مغناطيسي حوله فيؤثر في:

1- زيادة مقاومة القلب المعدني نتيجة لكل من:

(أ) تأثير السطح surfaceحيث يزيد تأثره من الأقطار الكبيرة ومع الذبذبة العالية

(ب) تأثير التجاور proximity ويظهر لتقارب الكبلات العاملة تحت جهد من بعضها سواء كانت أحادية أو ثلاثية القلب وتأثيرها يجب أن يدخل في الحسابات الخاصة بتصميم الكبلات.

نتيجة لذلك يتم التعبير عن نسبة المقاومة رياضيا بالصيغة

نسبة المقاومة = مقاومة القلب (متردد)/ مقاومة القلب (تيار مستمر)
= 1 + معامل تأثير السطح + معامل تأثير التجاور (2-43)

يمكن من لشكل رقم 2- 12 الحصول علي معامل تماثل شكل القلب X كدالة في الذبذبة f والمعامل الخاص بالتماثل للقلب k ويساوي الوحدة للقلب الدائري، ويوضح ذلك العلاقة بين معامل المقطع المعدني وتأثير السطح علي المجال الكهربي كما نجد معامل التماثل رياضيا:

$$x = 0.159\,(10)^{-2}\ ?\ (f\,k / R_{DC}) \qquad (2\text{-}44)$$

بينما معامل التجاور y يعتمد علي معامل السطح $y_{(surface)}$ وقطر القلب d_o والمسافة المركزية بين كل قلبين متجاورين S ويأخذ الشكل:

$$y = \{1.18\, y_{(surface)} / (0.27 + y_{(surface)}\}/\{d_o / S\}^2 \qquad (2\text{-}45)$$

2- النسبة بين لمقاومتين تتأثر بمقطع القلب وهو مؤثر ويمكن التغلب علي هذه الظاهرة بتقسيم المقاطع الكبيرة إلي أجزاء صغيرة معزولة عن بعضها (طلاء لو شعيرة بطبقة عزل رقيقة السمك) فينخفض المعامل k إلي 0.37 – 0.5 ، أما الكبلات داخل المواسير الصلبة يرتفع لها مجموع المعاملين بنسبة 70 – 100 % لزيادة المجال المغناطيسي نتيجة ظهور الماسورة الصلب . فمثلا لحساب مقاومة التيار المتردد لكبل 550 مم2 وقطر قلبه 41 مم ومسافة مركزية بين كل قلبين متجاورين بقيمة 205 مم عند درجة حرارة لقلب 70 ° م فنجد مقاومة التيار المستمر R_{dc}:

$$R_{dc} = 1.015\ \ \rho_{20}\{1 + 0.004\,(70\text{-}20)\}/Q = 1.015\,(0.182)\,(1+0.2)/550 = 40.3\ \mu\Omega/m$$

المعامل 1.015 يشمل زيادة المقاومة نتيجة العصر الميكانيكي للقلب twisted core ونصل:

$$x_{(surface)} = 0.159\,(10)^{-2}\ ?\ (f\,k / R_{DC}) = 0.159\,(10)^{-2}\ ?\ 50.1 / 40.3\,(10)^{-6} = 1.77$$

بالنسبة للتجاور نحصل علي

$$x_{(proximity)} = 0.159\,(10)^{-2} \times 50(0.8) / 40.3\,(10)^{-6} = 1.6$$

بالاستعانة بالمنحنيات الخاصة بتأثير السطح نجد القيمة المرادفة 0.04 وبهذا نجد معامل تأثير التجاور بالقيمة

$$y_{(proximity)} = \{[1.18\ (0.03)]/[0.03+0.27]\}\ \{41/205\}^2 = 0.0047$$

مقاومة التيار المتردد تكون

$$R_{ac} = 1 + y_{(surface)} + y_{(proximity)} = 40.3\ (10)^{-6}\ (1 + 0.04 + 0.0047) = 42.1\ \mu\Omega/m$$

وتصبح النسبة $Ratio = 42.1 / 40.3 = 1.045$

ثالثا: الفقد في الجراب Sheath Loss

الفقد في الطاقة الكهربية والمتواجد بالجراب كما يظهر من الشكل رقم 2-13 أسلوب التأريض الذي جاء في التحليل الرياضي كي يوضح الفرق بين حالات التأريض المختلفة، كما يقدم الشكل رقم 2-14 الشكل التخطيطي لتأثير خطوط المجال الكهرومغناطيسي لكبل مفرد وحيد القلب يحمل التيار الكهربي علي آخر مجاور له ويقع في نطاق المجال المغناطيسي أو إذا ما كان الكبلين بهما تيارين فسوف يتداخل المجالان معا ويتأثر كل كبل بالآخر.
نستطيع النظر إلي الشكل الكهربي المكافئ للكبل نسبة إلي القلب وتواجد الجراب حوله كما لو كان ملفا ابتدائيا لمحول هوائي العزل والجراب كملف ثانوي خصوصا وأن الجراب معدني (رصاص أو ألومنيوم) وتظهر احتمالات ثلاثة كما في الشكل 2-13:

الحالة الأولي: توصيل الأجربة وتأريضها معا بناحية (الشكل ج)
تتناسب القوة الدافعة الكهربية مع طول الكبل بمعدل 50 – 200 ك. ف. / كم حيث لقيمة الأكبر تعبر عن القصر والتيارات العالية وهو غير مرغوب ولذلك يكون هذا التوصيل بحالة حرجة ولا يوصي بالاعتماد عليه.

الحالة الثانية: توصيل الأجربة من لنهايتين وتأريضهما (الشكل ب)
يمر التيار في الجراب بقدر 20 – 80 % من تيار القلب الأصلي ويكون جهد الجراب صفريا لأن القوة الدافعة الكهربية لوحدة الطول تساوي الفرق في الجهد نتيجة مرور التيار بالجراب.

الحالة الثالثة: زيادة إمكانية ظهور القوة الدافعة في الجهة غير المؤرضة
بفرض كبلين (مفرد القلب) متجاورين (الشكل 2-14) بسماحية مغناطيسية في الفراغ μ_o يظهر مجال مغناطيسي حول الكبل به تيار I بشدة H أ/م بكثافة B بوحدة ف ث/م 2 وهما:

$$H = I / 2\pi r \quad , \quad B = I\ \mu_o / 2\pi r \qquad (2\text{-}46)$$

يتناسب المجال Ψ مع قوة الدفع الكهربي في الجراب بالكبل الآخر بعدا وقربا من الأول (حامل التيار) والفيض المغناطيسي في الوسط غير المخلخل بسماحية μ (تساوي الوحدة للمواد غير المغناطيسية) يظهر بالمعادلة التكاملية:

$$\Psi = I\ [\mu\ \mu_o / 2\pi] \int dr/r = I\ [\mu\ \mu_o / 2\pi]\ \ln\ (S/R) \qquad (2\text{-}47)$$

المعامل الحثي M بين القلب المعدني حامل التيار والجراب المعدني للكبل الآخر يتحدد من

$$M = \Psi / I = [\mu \mu_o / 2 \pi] \ \ln (S/R) \qquad (2\text{-}48)$$

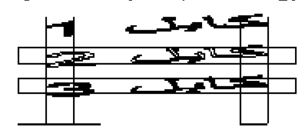
يتولد جهد بالكبل الثاني نتيجة تيار الكبل الأول بقيمة

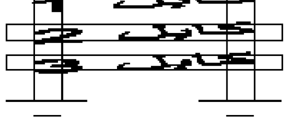
$$E_2 = j \omega M I \qquad (2\text{-}49)$$

بينما الجهد المتولد بالكبل الثاني نتيجة التيار الأصلي به وتيار الجراب المار به يكون

$$E_{2o} = j \omega M (I + I_{1o}) \qquad (2\text{-}50)$$

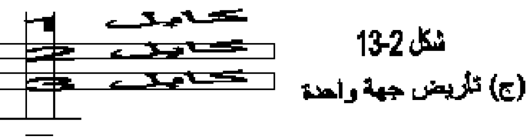
بالتالي تكون محصلة الجهد المتولد نتيجة التيارات في الكبلين هي





(أ) تأريض جانب وتوصيل الآخر

(ب) تأريض الجهتين



شكل 2-13

(ج) تأريض جهة واحدة

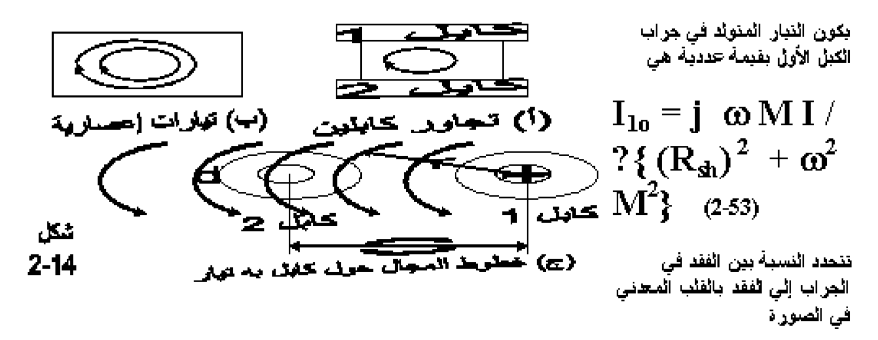
$$E = 2 j \omega M (I + I_{1o}) \qquad (2\text{-}51)$$

هو نفس الجهد E المساوي لفرق الجهد بين الجرابين نتيجة مرور التيار في مقاومة الجراب تبعا للصيغة

$$E = 2 R_{sh} I_{1o} \qquad (2\text{-}52)$$

يكون التيار المتولد في جراب الكبل الأول بقيمة عددية هي

$$I_{1o} = j\ \omega M I / ?\{ (R_{sh})^2 + \omega^2 M^2\} \quad (2\text{-}53)$$



شكل 2-14

تتحدد النسبة بين الفقد في الجراب إلي الفقد بالقلب المعدني في الصورة

$$y_{sh} = I_1^2 R_{sh} / I^2 R_{dc} = [\omega^2 M^2 /\{ (R_{sh})^2 + \omega^2 M^2\}][R_{sh} / R_{dc}]=m^2 [(R_{sh}) / R_{ac}] \quad (2\text{-}54)$$

كما يمكننا التوصل إلي صيغة مماثلة بالنسبة للفقد في الجراب بالنسبة للكبلات ثلاثية القلب مع تغير شكل القلب بينما تسري هذه الصيغة للحالة التماثلية فقط، أما قيمة النسبة بين الفقد في الجراب إلي القلب في الكبلات أحادية القلب ثلاثية الطور فنعبر عنها بالنسبة للكبل الأوسط في الموقع بالصيغة:

$$(m_2)^2 = (I_{II})^2 / I^2 = 1 / (Q^2 + 1) \quad (2\text{-}55)$$

وللكبلين الخارجيين نتبع المعادلة

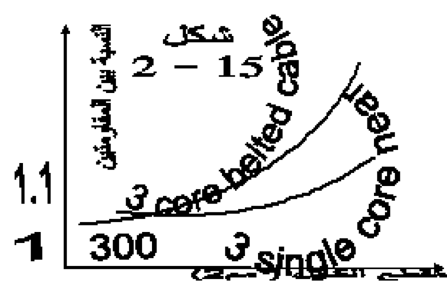
$$(m_{1,3})^2 = \frac{(I_I, I_{III})^2}{I^2} = \frac{P^2 + 3Q^2 + 2\ ?3(P\text{-}Q)+4}{4(P^2+1)(Q^2+1)} \quad (2\text{-}56)$$

كل المعاملات التي ظهرت في المعادلة السابقة تتحدد بالقيم

$$P = R_{sh} / (x+a)\ ,\quad Q = R_{sh} / [x - (a/3)]$$

$$X = 2\,\omega \ln S/R\,(10)^{-4}\ \Omega/km \ \&\ a = 2\,\omega \ln 2\,(10)^{-4}\ \Omega/km$$

أما الجراب الموحد للكبلات ثلاثية القلب يقوم التأثير المتبادل بين الأوجه بتعويض الفرق ويقلل من التيارات الإعصارية في الجراب إلي الحد الذي يسمح بإهماله، إضافة إلي أن تسليح الكبلات **ferromagnetic armor** يساعد علي زيادة الفيض المغناطيسي بين الكبلات أحادية القلب ويؤدي إلي رفع قيمة الحث المتبادل بين القطب والجراب ويكون الفقد أكبر خصوصا وأن السماحية تتراوح بين 300 و 500 ولهذا لا نوصي باستخدام التسليح الصلب للكبلات أحادية القطب، ويمكن التغلب علي ذلك باستخدام الأسلاك دائرية المقطع حيث نحتاج إلي قوة أكبر لعبور نقاط التلاحم بينها من جراء المقاومة المقابلة إضافة إلي ضرورة جلفنة هذه الأسلاك كي يخفض الفقد، كما أن التبادل المتتالي للأسلاك الحديدية مع النحاسية علي طول مسار الكبل بصفة منتظمة يقلل من الفقد وبهذا تكون نسبة الفقد مع الكبلات الماسورية من النوع المغناطيسي التعامدي **diamagnetic pipe** للكبلات أحادية القطب منسوبة إلي ثلاثية القطب عند التيار المستمر محددة بالمعادلة:



$$y_{pipe} = P_{pipe} / P_c = 2.06\, D_{av}\, q\, t\, M\, (10)^{-9} / (\rho_{pipe}\, \rho_c) \qquad (2\text{-}57)$$

نجد أن هذه النسبة تعتمد علي مقطع القطب المعدني q (مم) والقطر المتوسط للماسورة D_{av} والسمك t إضافة إلي المقاومة النوعية سواء للقلب ρ_c أو الماسورة ρ_{pipe} بوحدات (أوم مم2/م)، أما للماسورة المغناطيسية بقطر داخلي D_{int} تكون النسبة هي

$$y_{pipe} = 2.95\, D_{int}\, q\, M\, (10)^{-9} / (\rho_{pipe}\, \rho_c) \qquad (2\text{-}58)$$

يتضح أن الحث المتبادل يعتمد علي النسبة بين البعد بين الكبلات المتجاورة وقطر الماسورة (1.36 – 1.51) كما يجب إضافة الفقد في طبقة التسليح في الكبلات مفردة القطب مع وضع الفروض اللازمة لتبسيط الحل فمثلا لثلاث كبلات أحادية القطب متجاورة علي شكل مثلث متساوي الأضلاع طول ضلعه 180 مم وقطر الجراب 60 مم وسمكه 2.5 مم والمقطع النحاسي 550 مم2 والمقاومة النوعية 42.1 ميكرو أوم / م (عند 60° م تكون 49) ومن ثم نحصل علي مقاومة الجراب الرصاصي بالقيمة:

$$R_{sh} = \rho_{sh} / \Delta\pi D = 0.21 / (2.5\ 2\pi\ 60) = 0.455\ \ m\Omega/m \qquad (2\text{-}59)$$

والحث المتبادل بقيمة

$$M = (\mu_o /2\pi) \ln (2S/D|)=[4(10)^{-7}/2\pi] \ln 360/60 =0.358 \mu H/m$$

نسبة لفقد y_{sh} تتحدد بالمعادلة

$$y_{sh} = [\omega^2 \; M^2 /\{ (R_{sh})^2+\omega^2 M^2\}][R_{sh}/R_{dc}=0.58 \qquad (2\text{-}60)$$

أي أن الفقد في الجراب يصل إلي 85 % من قيمة الفقد في لقلب النحاسي مما يدعونا للاهتمام بهذا الفقد لتعاظمه، ويبين الشكل 2-15 تأثير النسبة بين المقاومتين لحالتي الثلاث كبلات منفصلة والكبل ثلاثي القلب ومدى تأثير مقطع لقلب علي ذلك.

أخيرا نجد ظهورا لقوة كهروديناميكية تؤثر علي الكبل وأجزائه وهي قيمة صغيرة للتيار العادي ولكنها ترتفع بشدة مع تيارات القصر أو التيارات العالية جدا وتسبب اهتزازات ميكانيكية ولها صفات مدمرة علي عزل الكبل وتظهر هذه الحالات عند توصيل الكبلات علي قصر أو إعادة توصيلها في مستوي شبكات التوزيع علي قصر بعد الفصل التلقائي الأول وتكرار ذلك يدمر الكبل وهو ما يتعرض له الكبلات والمحولات في شبكات التوزيع عموما لأن الأسلوب الفني لعلاج القصر في شبكات التوزيع يتوقف علي الطريقة اليدوية ويقوم بها غالبا الفنيين دون دراسة إذا ما تكرر هذا الفصل التلقائي.

2-4: صيانة اللكبلات Cable Maintenance

تشمل أعمال صيانة الكبلات العديد من الأعمال مثل تصنيع بعض الأجزاء أو تخزين قطع الغيار أو ذات الكبلات أو عمليات التركيب والنقل والرفع والجر والشحن ولذلك يتضح أن جميع أعمال الصيانة والاختبارات ما هي إلا أعمالا هندسية دقيقة تحتاج إلي الخبرة والدقة في الأداء والعمل الجاد من أجل الحفاظ علي سلامة هذه الكبلات ذات الأهمية الخاصة داخل الشبكة كمغذيات جوهرية في التوزيع سواء في الأبنية أو المنازل أو العمارات والمجمعات السكنية والنوادي والملاعب الرياضية إلي غير ذلك من أعمال، وبهذا نكون في أمس الحاجة إلي التعرف علي مبادئ الصيانة في الكبلات الكهربية وهو ما نفصله فيما يلي.

أولا: الأعمال الميكانيكية

تتنوع هذه الأعمال علي نطاق واسع وشامل ولذلك نبوبها علي النحو التالي.

أ) تخزين الكبلات

يعتبر تخزين الكبلات من عماد الأعمال الهندسية الخاصة بالكابلات وذلك من أجل:

1- حماية الكبلات من التلف

2- وقاية الكبلات من الرطوبة لأن الرطوبة تسبب انهيارا لمقاومة العزل الكهربي

3- عدم الإخلال بمنظومة الأداء وتعليمات المصنع بشأن أسلوب وشروط تخزين الكابلات.

4- الحفاظ علي مستوى العزل عاليا طوال فترة التخزين.

لهذا يجب الاهتمام بالكبلات من حيث المبدأ وذلك طبقا للمواصفات القياسية الخاصة بتخزين الكبلات وهي التي تنتج في مقاسات مقننة ومحددة منعا للتداخل وحرصا علي المصنعين من أجل سرعة استبدال التالف منها وعلاجه بأقل تكلفة ممكنة ونجد أن الجدول رقم 2-10 يحصر بعضا من مقننات البكرات القياسية والتي يتم وضع الكبلات عليها سواء أثناء النقل أو الرمي (التركيب) لأن هذه البكرات هي الملاذ الهندسي السليم للقضاء علي أية تأثيرات ميكانيكية خارجية علي الكبلات.

جدير بالذكر أن هذه المقننات في الجدول تحدد متطلبات الرفع بالأوناش المختلفة في كافة المواقع لكل من هذه البكرات سواء أثناء التخزين أو خلال عمليات النقل بالناقلات المختلفة أو الرفع بالأوناش المختصة والتركيب بالمواقع المحددة لها وتبعا للأصول الفنية المستخدمة في هذا الميدان.

يبين الشكل رقم 2-16 المنظر العام لهيكل حديدي ثلاثي المستويات لتخزين الكبلات في مواقع التخزين حيث يتم ترتيبهم كما هو موضح بالشكل وبجوار بعضهم البعض كما نشير إلي أن البكرات مغلفة بطبقة من الرقائق الخشبية حماية لها من الخدش أو العصر أو الكدمات وهي من الأشكال التي تسبب في بعض الأحوال التلف الميكانيكي في الكبل وتؤثر علي كفاءة تشغيله.

الجدول رقم 2-10: مقننات البكرات حاملة الكبلات (المسافات بالميليمتر)

كود البكرة	قطر البكرة	عرض البكرة	قطر تجويف محور البكرة	قطر عامود المحور	وزن عامود المحور	طول عامود المحور
4	400	276	5	30	3	500
5	500	306	35	30	3	500
6	600	326	35	30	3	500
8	800	476	50	45	10	800
10	1000	600	50	45	10	800
12	1200	600	70	65	26	1000
14	1400	820	70	65	26	1000
17	1700	890	80	75	49	1400
18	1800	1060	80	75	49	1400
20	2000	1180	100	75	49	1400
22	2200	1240	100	95	80	1450
25	2500	1560	130	110	150	2000
26	2600	1780	140	110	150	2000
30	3000	2160	180	140	308	2400

ب) رفع البكرات

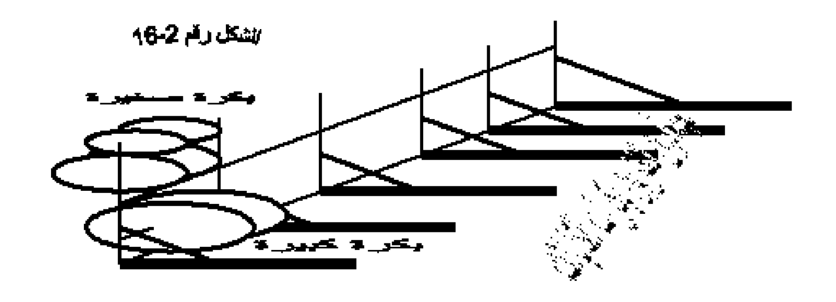
يتم وضع البكرات محملة بالكبلات كما نراها في الشكل رقم 2-17 حيث يعطي هذا الشكل بعض الأنواع المختلفة للتحميل وكيفية ربط البكرات ورفعها وكذلك بعض الوسائل المتعددة للرفع من أجل رفع أو إنزال البكرة إلي أو من ناقلاتها أو أثناء رفعها لإجراء الرمي في الموقع ويتم ذلك بناءا علي مقننات قياسية من استخدام أسلاك الصلب والحلقات ووصلات الربط أو التعليق كما هو مبين في الجدول رقم 2-11 وتتحدد حمولة الرفع في كل حالة حتى نستطيع اختيار الأوناش المناسبة تبعا للتنفيذ وموقعه والمعوقات التي قد تواجه العمل التنفيذي فنيا. من الشكل نفهم أهمية عدم ضغط سلك الصباني علي أحرف البكرة كي لا يتم عصر أي جزء من الكابل داخل البكرة حفاظا عليه ومن ثم يفضل استخدام وصلة رفع حتي تجعل سلك الصباني موازيا للبكرة بعيدا عن الاحتكاك معها وبالتالي تتم المحافظة علي الكابل.

ج) مد الكبلات

يتم رمي الكبلات دون أي تحميل عالي علي الكبل ذاته أو علي مقطع العزل أو القلب المعني نتيجة شد خاطئ ولذلك يتم ملئ بكرات الكبلات بالمقاسات المختلفة من خلال نظام حركي علي بكرات سهلة الدوران كما يوضحها الشكل رقم 2-18حيث يستخدم نفس الأسلوب عند فرد الكبلات في مواقع العمل وتركيبها كي نحافظ علي كفاءة أداء الكبلات أثناء التشغيل في الشبكة الكهربية.

الجدول رقم 2-11 مقننات رافعات البكرات الخطافية

الوزن (كجم)	قطر الحلقة (مم)	المقبض (مم)	قطر الصباني (مم)	طول (م)	حمولة الرفع (طن)
65	48	57×70	22.5	2.85	10
34	42	50×62	18.5	1.5	5
10	20	10×30	9.3	1.4	1.5
3	12	10×20	5.3	0.9	0.5

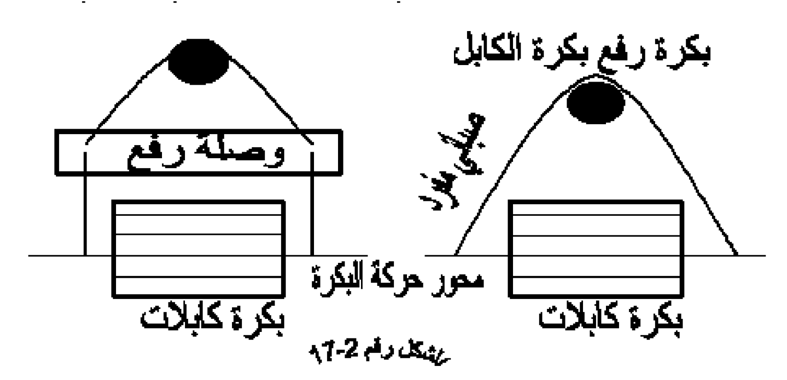


يبين الشكل أيضا أنه من الممكن استخدام مقاسات مختلفة من الكبلات متباينة المقننات في ذات مجموعة التجميع والأطوال المعطاة علي الرسم تمثل أحد الهياكل المعدنية القياسية المستخدمة في هذا المجال للبكرات حتى الترقيم الكودي رقم 14 وتظهر بكرات كر الكبلات في مجموعات متخصصة لكل صف حتى لا يجهد الكبل ميكانيكيا ويجدول الجدول رقم 2-12 الأوزان القياسية لمد الكبلات حيث يقدم النوع ثلاثي القلب من الكبلات سواء ذات القلب الألومونيوم أو النحاس وذلك لبعض الجهود المنخفضة وجميعها تتبع الجداول القياسية في هذا الصدد.

د) ماكينات الرفع والجر

تتنوع الماكينات المستخدمة سواء في جر الكبلات أو الأوناش اللازمة لرفع البكرات من حيث أسلوب عملها أو طريقة التعامل معها ويقدم الجدول رقم 2-13بعضا من البيانات الفنية لذات ماكينة السحب محددا لها قيمة الشد

الأقصى كي نكون علي علم تام بمدى صلاحية الماكينة المستخدمة لأداء العمل المنوط بالموقع وقبل نقل المعدة حماية للمعدة وللكبل وتوفيرا للوقت سواء أثناء رمي الكبل أو ما يعبر عن زمن كلي مستهلك في أداء العمل.



شكل رقم 2-17

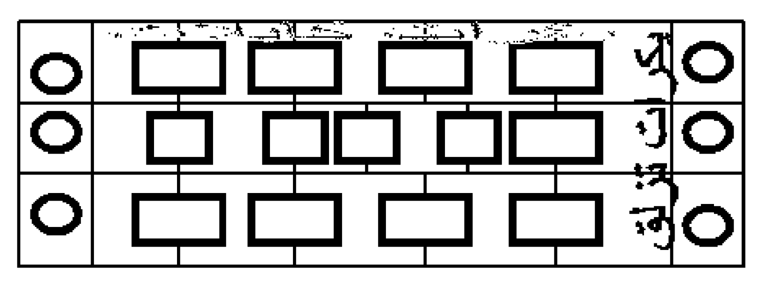
الجدول رقم 2- 12 :السماحية أثناء مد الكبلات تبعا للمواصفات

مقطع الكبل ثلاثي	الأوزان المسموحة (كجم)					
	جهد (ك. ف.)			القلب		
	1	6	10	نحاس	ضفائر ألومنيوم	ألومنيوم
240	750	950	1000	3600	2800	1400
185	650	750	850	2700	2200	1100
150	600	650	750	2200	1800	900
120	400	500	650	1800	1400	700
95	350	450	850	1400	1100	550
70	300	400	500	1050	840	400
50	230	350	450	750	600	600
35	189	300	400	500	400	400
25	170	280	380	350	300	300

ثانيا: التصميم الحراري

بالنسبة للكبلات غير الزيتية وهي المتداولة كمغذيات في الشبكات الكهربية في مجال التوزيع فدائما كما هو شائع تركيب وصلات للكبلات فمثلا توجد وصلات لكبلات التيار الخفيف وهي عبارة عن وصلات معزولة تماما وغير قابلة للثني لأن هذه المنطقة ضعيفة من الناحية الميكانيكية ولهذا تأخذ هذا الاهتمام حماية لها بجانب الوقاية الكهربية اللازمة بتواجد العزل الضروري لهذه الوصلة وهو نفس النظام المتبع مع كابلات القوي عند توصيل أطرافها مع لوحات التوزيع عند نهايات الكابلات.

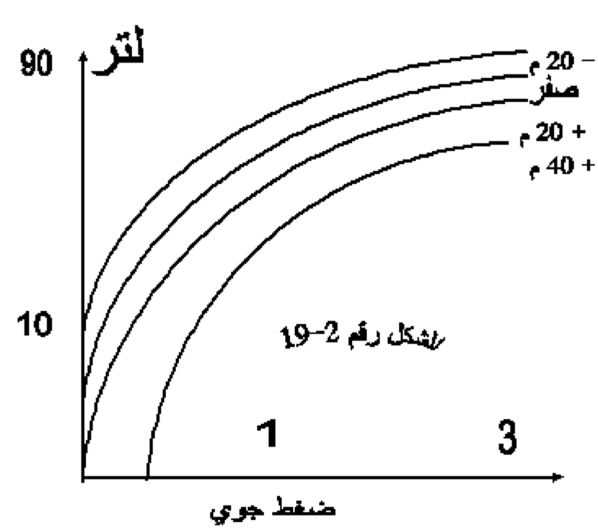
درجة الحرارة ذات تأثير عالي علي العزل لأنها تخفض كفاءة العزل وعلي تحمل الأسلاك لمرور التيارات العالية ومع الحرارة المرتفعة ولذلك يجب اتباع المواصفات القياسية لتشغيل الكبلات حيث تحدد كل دولة هذه المواصفات تبعا للمناخ ودرجة الحرارة لديها (الجدول 2-14) كما أن التشغيل المستمر ينقص من قدرة العزل بخلاف التشغيل المتقطع



الشكل رقم 2-18

الجدول رقم 2-13 : بعض مقننات رمي الكبلات بأحد الماكينات المستخدمة

البيان	القيمة
سرعة رمي الكبلات (م/ق)	20
قطر الكبل (مم)	20–65
ارتفاع مجموعة الكبل (م)	حتى 350
قدرة السحب (ك.و.)	4.5
قوة الشد (كجم)	حتى 1000
الوزن الكلي (طن)	1.9



شكل رقم 2-19

بالنسبة للكابلات الزيتية والتي تعمل تحت ضغط زيت عالي يجب المحافظة علي مستوى ضغط الزيت في حدود 0.3 كم/سم2 كحد أدنى مع عدم ضخ كل الزيت من المغذي الزيتي حتى لا يسمح بدخول الهواء إذا ما برد الزيت مما قد يتسبب في ظهور الفقاعات وهي إن ظهرت سوف تمثل نقاط الضعف داخل العزل وهي بذلك التي سيؤثر بشكل حاد علي مستوى عزل الزيت داخل الكبل ويمثل الشكل 2-19 الإطار العام للعلاقة بين حجم الزيت بالخزان والضغط. نظرا للأهمية البالغة لهذا الزيت وضغطه داخل الكابل تستخدم دوائر ثانوية كهربية تعمل بالتيار المستمر لإعطاء الإشارة الدورية عن حالة ضغط الزيت ومستواه علي طول مسار الكبل ويستقبل هذه الإشارات مهندس الوردية داخل محطة المحولات التي تتصل بهذا الكبل كي يقوم بعمل الاجراءات اللازمة لتغطية أي نقص في الزيت أو إنخفاض الضغط، كما تتنوع أعمال الصيانة تبعا لحالة العطل.

الجدول رقم 2-14 : درجات الحرارة المسموحة بصفة مستمرة تشغيل (° م)

نوع الكبل Type	جهد ك.ف	التشغيل المستمر روسيا	التشغيل المستمر أمريكا	التشغيل المستمر إنجلترا	أقل من 100 ساعة روسيا	أقل من 100 ساعة أمريكا
كبلات زيتية	35	80	80	85	90	90
	110	70	70	85	80	80
	220	65		80	75	
كبلات زيتية في مواسير صلب ذات ضغط	110	70	70		80	80
	220	65	70		75	80
	500	60			70	
كبلات غازية	35	80	80	85	90	90
	110		70	85		80
	220			85		

كما تتحدد درجات الحرارة أيضا بنوعية العزل المستخدم (الجدول رقم 2-15) ودرجة حرارة القلب المعدني T_c تتوقف علي الفقد في القلب المعدني P_c والمقاومة الحرارية لكلا من العزل S_{ins} والاستخدام S_s والفقد الكلي بالكبل ΣP_k ويعتمد بشكل مباشر علي درجة حرارة المحيط الخارجي T_o والتي تتباين مع اليوم وفصول السنة وكذلك المقاومة الحرارية له S_o مع عدم احتساب الفقد في العزل بالصورة:

الجدول رقم 2-15: درجات الحرارة المسموح للتشغيل المستمر في كبلات التوزيع حتى 35 ك. ف (م)

نوعية العزل	مغمور				بولينيلين	PVC	مطاط
جهد	حتى 3	6	10	30-20	35-1	10-1	10-1
درجة الحرارة	80	65	60	50	70-80	70	65

$$T_c = S_{ins} + \Sigma P_k (S_o + S_s) + T_o \qquad (2\text{-}61)$$

من هنا نحصل علي الفقد في القلب المعدني P_c وفي الجراب P_{sh} وفي العزل P_{ins} تبعا للمعامل الحراري للقلب α كما يلي:

$$P_c = \rho_c I^2/q = \rho_o \delta^2 q [1+ \alpha (T_c - 20)] = R I^2$$
$$P_{sh} = P_c y_{sh} , P_{ins}=V^2\omega C \tan \delta =V^2 \omega \tan \delta\{ 2\pi \varepsilon\varepsilon_o/\ln (R/r_o)\} \qquad (2\text{-}62)$$

الجدول رقم 2-16: المواصفات القياسية لمعاملات التربة الأرضية

الرطوبة	رمل (%)	طمي (%)	حرارية نسبية (م سم/وات)	سعة حرارية (جول/جمم)	الكثافة جم/سم2
شديدة الرطوبة	9	14	80	2	2.8-2
متوسطة الرطوبة	9-7	14-12	120	0.33	1.9
منخفضة الرطوبة	7-4	12-8	180	0.83	1.8
جافة	4		240	0.8	1.43
خرسانية			90	0.33	2.2

يظهر تأثير التربة الأرضية (جدول 2-15)من حيث حالتها أو نوعيتها وهي من المعاملات الهامة عند التصميم وبالنسبة للكبلات أحادية القلب نحصل علي المقاومة الحرارية في الشكل:

$$S_{ins} = \sigma_{ns} / \quad 2 \pi \ln (R/r_o)/ 2 \pi \qquad (2\text{-}63)$$

حيث يتحدد الفقد في العزل لوحدة الأحجام ولشريحة منه بسمك dr فنحصل علي

$$dp = \{ P_{ins} / \ln(R/r_o) \}^2 (dr/r) \qquad (2\text{-}64)$$

نتحول إلي معدل التغير الحراري والسريان الحراري عند نصف القطر r بالمعادلة

$$d \tau = p_k dS_r = P_{ins}\{\sigma_k \ln(r/r_o) /2\pi \ \ln(R/r_o)\} (dr/r) \qquad (2\text{-}65)$$

بالتالي نصل إلي حساب الفرق بين درجة الحرارة للقلب المعدني والجراب في الصورة:

$$\text{Temp. Difference} = (\sigma/2\pi) (P_{ins} /2) \ln(R/r_o) = S_k P_{ins}/2 \qquad (2\text{-}66)$$

يبين أن المقاومة الحرارية النوعية للعزل تختلف تبعا لنوع المادة المستخدمة كما في الجدول 2-17. كما أن الاتزان الحراري ضروري لضمان سلامة الكبل أثناء التشغيل ويقدم الشكل 2-20 العلاقة بين حرارة الجراب والفقد الحراري في العزل وهو يتغير أسيا وكلما ارتفع الجهد زادت نسبة الانهيار الحراري بحدة ويتحدد الاتزان الحراري من خلال المنحنيات المعطاة في الشكل، ويحدث الانهيار الحراري للأسباب التالية:

1- زيادة المقاومة الحرارية الخارجية عن القيمة لمصمم عليها الكبل
2- ارتفاع درجة حرارة الجو والوسط المحيط
3- زيادة الحمل الكهربي بالقدر المسبب لإرتفاع درجة الحرارة أما عن الكبلات خفيفة التيار مثل كابلات شبكات المعلومات والهاتف والتي عادة لا تتأثر بدرجة الحرارة مثل كبلات القوي فنجد الجدول رقم 2- 18 يوضح مقننات بعض هذه لكبلات للتيار الخفيف بينما أدرج الجدول رقم 2 - 19 المواصفات الفنية المقننة الخاصة بكبلات

الاتصالات والتحكم الآلي وهي متعددة الأزواج وجميعها بأقصي قيمة مقاومة للموصل بالمقدار 13.9أوم/كم، أما الضفائر فهي أيضا (عدد 7 / 0.49مم) وبقطر 1.47 مم.

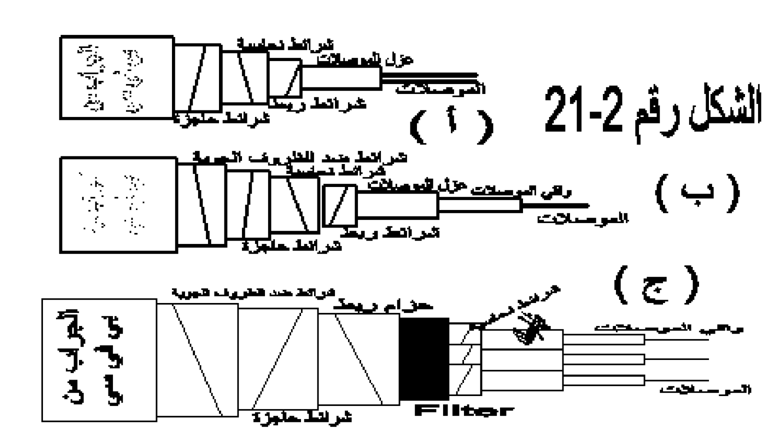
الجدول رقم 2-17: المقاومة النوعية للعزل الكهربي

المادة	حرارية نسبية (م سم/وات)	سعة حرارية (جول/جمم)	الكثافة، جم/سم2
ورق مغمور قبل التركيب (1-10 ك.ف)	500- 650	1.37	1.252
ورق مغمور قبل التركيب: 20- 35 ك.ف	500- 550	1.37	1.252
ورق مغمور في التشغيل (1-10 ك.ف)	600- 700	1.37	1.252
ورق مغمور في التشغيل (20-35 ك.ف)	550- 600	1.37	1.252
ورق مغمور في كبلات غازية	650- 700	-	-
ورق عزل كبلات زيتية	450- 500	1.37	-1.252 1.365
بولي اثيلين 20مْ بولي اثيلين 80مْ	300- 400	2.3 3.7	0.95
بي في سي	600- 700	1.6	1.25
مطاط	500- 700	1.4- 1.6	1.4
قطن نسيج	550- 600	-	-
قطن نسيج مع شرائط تسليح	300	-	-
نسيج قطني غير مغمور	-	1.33	0.5
نحاس	0.27	0.378	8.8
ألومونيوم	0.48	0.92	2.7
رصاص	2.9	0.123	11.34
صلب	1.44- 1.23	-0.11 0.46	7.8
زيوت معدنية	900	1.66	0.9

بالنسبة لكابلات القوي نجد أنه في هذه النوعية تجمع الضفائر في شكل دائري علي الطبقات المتتالية الداخلية ويجب ألا يقل سمك الجراب عن 85 % من القيمة المقننة بالنسبة للجراب الخارجي ويلزم ترتيب الأزواج تبعا للألوان فيها، أما عن نقل وتخزين الكبلات فيكون علي بكرات خشبية غير قابلة للدوران مغطاة ضد الظواهر الجوية والطبيعية أثناء التخزين والنقل والتركيب.

أية بيانات أخرى) ويوضح الشكل رقم 2-21 المنظر العام – اتجاه السحب – العلامة التجارية – المصنع – الوزن – الطول – من الجهة الأخرى يلزم تحديد البيانات الأساسية مثل: (مقن الكبل لهذه النوعية من الكبلات، فالشكل(أ)

يعرض قطاعا طوليا بكبل أحادي القلب من النوع العادي ولكن لتقويته ضد الظروف المناخية والأرضية يضاف إليه طبقة من الشرائط النحاسية الواقية له كما في الشكل (ب) وللكبل ثلاثي القلب في الشكل (ج).



الجدول رقم 2-18 : بيان بكبلات تيار خفيف عزل بولينيلين وجراب PVC

البيان	عزل بجراب	كبلات تحكم
أدنى مقاومة عزل (ميجا أوم كم)	1000	50
جهد اختبار متردد دقيقة (ك. ف.)	1	2
أقل قوة شد للعزل/ الجراب (كجم/مم2)عند حرارة عادية	1/1	1/1
نسبة التقادم (%)	85/80	85/85
أقل استطالة عزل 90م لمدة 96 س/الجراب 100م لمدة 48 س (كجم/مم2)	100/300	120/100
نسبة التقادم (%)	80/60	80/80
أدنى مقاومة للزيت بالجراب 70م (شد / استطالة %)	60/80	60/80
توهين حراري (أقصى تضاؤل سمك عند 120م (%)	50	50
اختبار الجراب لصدمة باردة (-15م)	بلا خدش	بلا خدش

ثالثا: اختبار الكبلات Cable Testing

الاختبارات هي المقياس الهندسي السليم لتحديد صلاحية الكبل للتشغيل ويقدم الجدول رقم 2-20 الاختبارات الأساسية اللازمة لاختبار الكبلات جهد 10 ك.ف. وهي أكثر الأنواع إستخداما في الشبكات الكهربية بالمدن، وهي تتبع المواصفات القياسية وتبعا لعدد العينات اللازمة للاختبار (الجدول 2- 21). أما الجدول رقم 2-22 يجدول بيانات الكبلات أحادية القلب والمستخدمة في شبكات التوزيع طبقا للمواصفات القياسية الدولية IEC بينما يقدم الجدول رقم 2-23 تلك البيانات للكبلات ثلاثية القلب.

بالنسبة للاختبارات التي تخص الكبلات الكهربية فهي متعددة وتشمل الاختبارات الكيميائية والحرارية والفيزيائية وكذلك الكهربائية وتلك الأخيرة سوف نسرد أنواعها اختصارا في السطور القادمة حيث أنها تنقسم إلي نوعين هما:

الجدول رقم 2-19 : المواصفات الفنية بكبلات الاتصالات والتحكم متعددة الأزواج

عدد الأزواج	1	3	14	20	30	40
توزيع الطبقات (بالمركز)	1	-	-	-	-	-
طبقة أولي		3	4	2	4	2
طبقة ثانية			10	6	10	7
طبقة ثالثة				12	16	12
طبقة رابعة						19
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
وزن الكبل (كجم/كم)	110	220	700	1240	1720	2270
الطول القياسي (م)	500	500	500	300	300	300

النوع الأول: اختبارات الإنتاج Production Tests

اختبارات الإنتاج هي التي تتم في المصنع أثناء عمليات الإنتاج وبالتالي تتم بعد كل مرحلة تصنيع لها وهي تهم المصنع وليس المستخدم أو القائم علي التركيب.

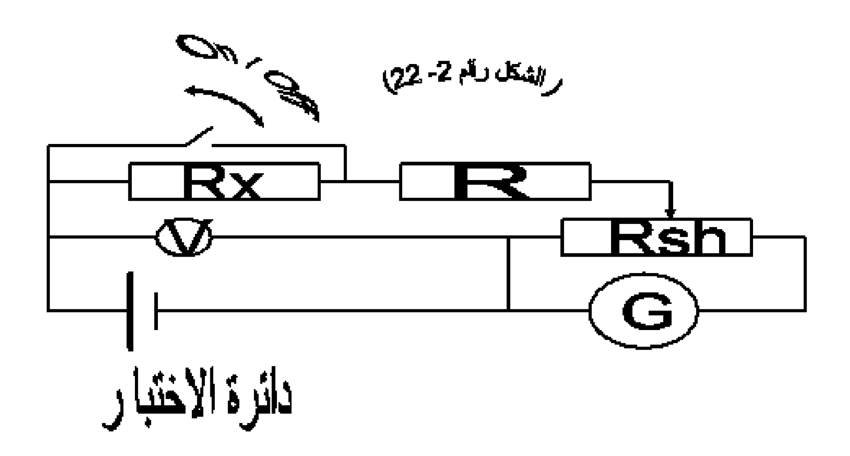
النوع الثاني: اختبارات مراجعة Control Tests

هذه الاختبارات بدورها تتعدد إلي نوعين هما:

أولا: اختبارات دائمة وتتم بصفة دورية Current Tests

ثانيا: اختبارات بالعينة Sample Tests

إنها إختبارات محددة تتم علي بعض العينات فقط لأنها تدمر العينة تماما وتصبح غير صالحة للاستخدام بعد الاختبار وتتبع للمواصفات القياسية أيضا.



الجدول رقم 2-20 : الاختبارات الأساسية اللازمة لاختبار الكبلات جهد 10 ك. ف.

لختبارات روتينية	القيمة	اختبارات خاصة	القيمة
جهد اختبار 5 ق (ك. ف.)	15	جهد 4 س (ك. ف.)	18
أقصى تفريغ جزئي عند 7.5 ك. ف.	(pc)20	اختبار سخونة 200 ْم	-
اختبار مفاجئ (- 15ْم)	لا شقوق بنسبة 6/5	أقصى استطالة للتحميل الكهربي	%175
أقصي استطالة مستديمة بعد التبريد	%15	أقل استطالة بالتبريد (- 15ْم)	%20
اختبار الشكل العام (كل تشغيلة)	لا يزيد عن 10% من إجمالي أطوال العقد		

ثالثا: إختبارات التشغيل

إختبارات التشغيل والصيانةمن أهم القياسات التي نحتاج إليها بالنسبة للتشغيل والصيانة وهي التي نتناولها فيما يلي:

الجدول 2-21 : عدد العينات المطلوبة لاختبار الكبلات 10 ك.ف. بالمواصفات الدولية IEC

طول الكبل (كم)	عدد العينات المطلوبة	طول الكبل (كم)	عدد العينات المطلوبة
1 – 0	لا اختبار	40 – 20	2
20 – 4	1	60 - 40	3

جدول رقم 2-22: البيانات الأساسية للكبلات أحادية القلب جهد لتوزيع (سمك العزل 3.4 مم)

مقطع (مم2)/ عدد ضفائر	قطر قلب خارجي، مم	سمك جراب، مم	قطر كلي (مم)	أقصى DC مقاومة (أوم/كم)	وزن الكبل كجم/كم	طول اللفة (م)
19/70	9.9	1.7	23	0.268	1050	300
19/95	11.7	1.7	25	0.193	1300	200
37/120	13.2	1.8	27	0.153	1600	200
37/150	14.6	1.8	28	0.124	1900	200
37/185	16.3	1.9	30	0.0991	2300	200
61/240	18.7	2	33	0.0754	2850	150
61/300	20.9	2	35	0.0601	3500	150
61/400	6 .23	2.1	38	0.047	4350	150
91/800	35.1	2.5	50	0.0221	8800	150
127/1000	39.9	2.6	55	0.0176	11000	150

1- معاملات القلب المعدني *Core Parameters*

قياس قيمة المقاومة الكهربية r_t حيث نستخدم هنا قنطرة كهربية إما مفردة أو مزدوجة لقياس المقاومة لطول ما بقدر l متر ومقطع قدره S مم2 أو لوحدة الأطوال منه كعينة وهي تتراوح بين 0.0001 – 100 أوم . يؤخذ في الاعتبار المعامل النوعي الحراري α وتحسب عند درجة حرارة محددة قدرها t حيث تقاس المقاومة الكبيرة بالقنطرة المفردة وعموما تعمل دائرة الاختبار (الشكل رقم 2- 22) بالحدود القياسية وهي مستوى الدقة عالي ولا يقل عن 1.0 بحساسية جلفانومتر تحت 1.5 % وانحراف لا يقل عن 1 مم.

كما يجب الا يزيد مجموع المقاومات لكل التوصيلات بالدائرة عن 0.02 أوم ومن ثم نقاس المقاومة النوعية ρ بالمعادلة:

$$\rho = (r_c \; S) / \{ [1 + \alpha(t-20)] \, l \} \qquad (2\text{-}67)$$

يجب تمرير التيار في اتجاهين معكوسين أو عكس اتجاه الكبل والحصول على القيمة المتوسطة average للقراءتين

2- قياس معاملات العزل Insulation Parameters

تنحصر معاملات العزل في ثلاث قيم هي المقاومة R_x والسعة C وزاوية الفقد tan δ ونعطي الدائرة بالشكل 2- 23 خطوات العمل حيث يغلق المفتاح مع انتظار دقيقة على الأقل ثم قراءة انحراف الجلفانومتر بقيمة α_{st} والحصول على رقم التوازي N_{st} وهي تعبر عن المقاومة القياسية بالدائرة ويكون التيار قيمته هي:

(الشكل رقم 2- 23)

current

V/R

RC

time



زمن الشحن

$$I_{st} = A \quad \alpha_{st} \quad N_{st} \qquad (2\text{-}68)$$

ثم يفتح المفتاح ونؤخذ القراءتين α_x ، N_x مرة أخرى ويصبح التيار بالقيمة

$$I_x = A \quad \alpha_x \quad N_x \qquad (2\text{-}69)$$

النسبة بين التيارين تأخذ الصيغة

$$I_{st} / I_x = \alpha_{st} \quad N_{st} / \alpha_x \quad N_x \qquad (2\text{-}70)$$

نعبر بعد ذلك عن المقاومة بالصيغة

$$R_x = R\,(1 - I_{st}/I_x) = R\,(1 - \alpha_{st} N_{st} / \alpha_x N_x) \qquad (2\text{-}71)$$

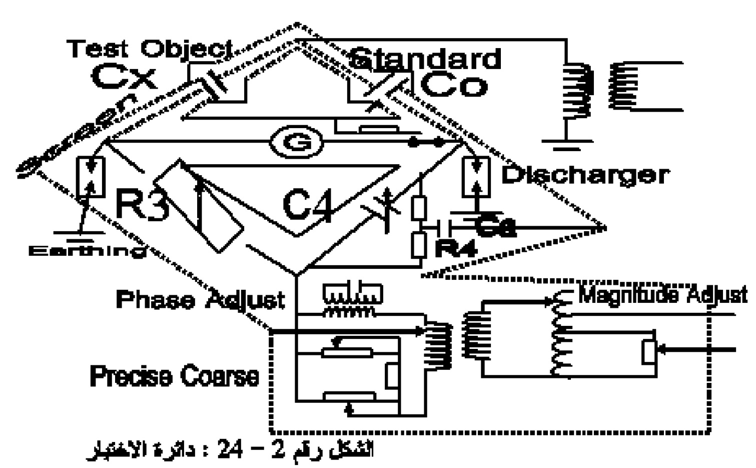
عند $\alpha_{st} N_{st} >> \alpha_x N_x$ مما يعني إمكانية إهمال الوحدة ا لصحيحة فنحصل على

$$R_x / R = \alpha_{st} \quad N_{st} / \alpha_x \quad N_x \qquad (2\text{-}72)$$

نؤخذ قراءة الجلفانومتر بعد دقيقة من قفل الدائرة (الشكل رقم 2- 24) لتواجد السعة C والمقاومة R وصولا إلى الاستقرار الكهربي نتيجة تيار الشحن I_{ch} والذي يظهر عند الجهد V مع التيار المستمر ويمكن إيجاد قيمة تيار الشحن تبعا للصيغة:

$$I_{ch} = V / R \; e^{-t/RC} \qquad (2\text{-}73)$$

كما يجب أن تختبر الكبلات ذات العزل المطاطي أو البلاستيك بعد وضعها في وعاء مائي وتكون مغمورة بالكامل كي تقاس مقاومة العزل القلب والماء (الأرض) ويمكن الاستعانة بالميجر لقياس المقاومة R_{60}/R_{15} لتحديد المقاومة والتي تبلغ 10^{12} أوم مع الأخذ في الاعتبار أن الميجر يعطي خطأً يصل إلي 20 % وهو عالي نسبيا.



الشكل رقم 2 – 24 : دائرة الاختبار

3 - السعة *Capacitance*

تستخدم طريقة المقارنة Comparison Method بمكثف قياسي Standard Capacitance محدد للقيمة من قبل وهو دائما بقيمة 0.1 ميكروفاراد حيث تشحن الدائرة مع التيار المستمر ويبدأ قياس القيم تبعا لما سبق شرحه بالنسبة للمقاومة ونعتبر أن الجهد ثابت ولم يتغير في الحالتين مع إدخال رمز السعة بدلا من المقاومة ونحصل علي العلاقة:

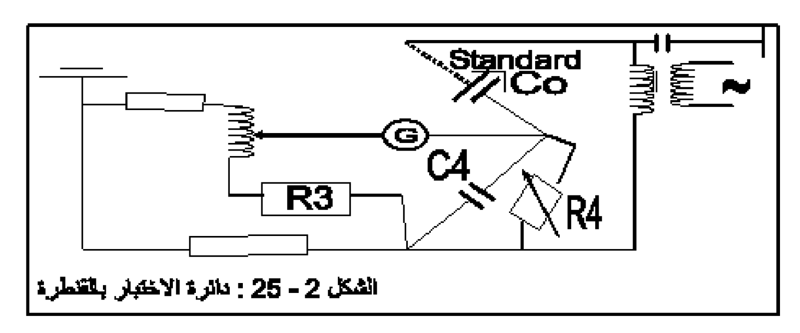
$$C_x/C_{st} = \alpha_x\ N_x / \alpha_{st}\ N_{st} \qquad (2\text{-}74)$$

منها نصل إلي قيمة السعة المطلوبة لطول من الكابل l كم وهي

$$C_x = C_{st}\ [\alpha_x\ N_x / \alpha_{st}\ N_{st}]/ l \qquad (2\text{-}75)$$

4 - زاوية الفقد Loss Angle

تمثل الدائرة البسيطة (القنطرة) والمعطاة في الشكل رقم 2-25 الاختبار اللازم لقياس زاوية العزل وهو من أهم أنواع الاختبارات ومن الشكل يجب أن تضبط قيمة المقاومة R_3 والسعة C_4 كي يصل مؤشر الجلفانومتر إلي الصفر أي بدون انحراف Deflection عند الذبذبة f وبهذا نحصل علي السعة C_x وزاوية الفقد $\tan\ \delta$ في حالة الاتزان بالصيغة:



الشكل 2 - 25 : دائرة الاختبار بالقنطرة

$$\tan\delta = 2\pi f C_4 R_4 \quad \& \quad C_x = \{C_0 R_4 / R_3)\}[1/(1+\tan^2\delta)]$$

كما أنه من المعروف أن قيمة زاوية الفقد $\tan\delta$ عادة تقل عن 0.1 وبالتالي المربع لها يكون أقل من 0.01 ومن ثم تصبح القيمة $1 + \tan^2\delta$ مساوية للوحدة أيضا علي وجه التقريب فتكون السعة المطلوبة هي

$$C_x = \{ C_0 \; R_4 / R_3)\} \qquad (2\text{-}76)$$

من الجهة الأخرى المقاومة لها قيمة قياسية نختارها دائما كي نحصل علي أبسط تعبير عن الزاوية هي (π/10000) أوم فنحصل علي زاوية الفقد بدلالة السعة بوحدات الميكروفاراد في الصورة:

$$\tan\delta = C_4$$

تصلح هذه الدائرة لاختبار كلا من الكبل وملفات المحولات، ويستخدم أيضا المكبرات الإلكترونية للعينات الصغيرة حيث تنخفض حساسية القنطرة بشدة مع انخفاض الجهد وسعة العينة فيتم تصميم دائرة المكبر كي تمنع الشوشرة والتداخل مع أجهزة القياس عندما يتولد مجال كهرومغناطيسي أثناء عملية الاختبار فتصبح القراءة أكثر دقة فنحتاج إلي الجهد والذبذبة لمستقران ويجب أن تختفي أشكال التوهين distortion من موجة الجهد ولهذا يتم تغذية المحول من مجموعة محرك / مولد مخصوص ويتم التحكم في الجهد من خلال المهيج ولهذا يلزم التأكد المستمر من اتزان الدائرة وعادة ما يكون الخطأ في السعة أقل من 0.5 % وللزاوية أقل من 1.5 %. بالنسبة لعزل ملفات محولات الجهد العالي واختبارها مع الأرض فتكون السعة المختبرة هي: $C_{x0} = C_x + C_{ex}$ كما يمكن الحصول علي زاوية الفقد الخارجي من الزاوية $\tan\delta_{ex}$ بالمعادلة

$$\tan\delta = \{C_{x0}\tan\delta_{x0} - C_{ex}\tan\delta_{ex}\} \,/\, [C_{x0} - C_{ex}] \qquad (2\text{-}77)$$

أخيرا نحتاج بالضرورة إلي اختبار الكبل مع درجة الحرارة المرتفعة لنرى تأثير درجة الحرارة Heat Effect علي العزل وفيه تقلل المقاومة R من تأثير ملفات المحول الثانوية المستخدم للتسخين وهذه الدائرة يجب أن تكون محاطة بشبكة مؤرضة تماما Screened وهو المولد الحراري للعزل حيث يتم الاختبار عند درجة حرارة 50 أو 70 حسب المواصفات.

الجدول رقم 2-23: البيانات الأساسية لكابلات ثلاثية بجهد التوزيع (سماكة العزل 3.4 مم)

مقطع(مم2) عدد شعيرات	قطر الناقل (مم)	سماكة جرابه (مم)	قطر كلي (مم)	أقصى مقاومة (أوم/كم)	الوزن كجم/كم	الكمية (م)
19/70	9.9	2.5	47	0.268	3400	300
19/95	11.7	2.6	51	0.193	4300	300
37/120	13.2	2.7	56	0.153	5300	200
37/150	14.6	2.8	59	0.124	6200	200
37/185	16.3	2.9	63	0.0991	7400	200
61/240	18.7	3.1	69	0.0754	9300	150
61/300	20.9	3.3	74	0.0601	11300	150
61/400	23.6	3.6	80	0.047	14000	150

أهم أعمال الصيانة تتبع نتائج الاختبار على جميع مستويات الجهد لما عن الكابلات ثلاثية القلب والمستخدمة أيضاً في التوزيع الكهربي عند المقننات الموضوعة لها قد جدولت في الجدول رقم 2-23 ويأتي تفاصيل القطاع الداخلي لهذه النوعية في الشكل رقم 2-21.

رابعاً: صيانة الكابلات الزيتية

صيانة الكابلات الكهربائية من أول الأعمال الهندسية التي تحتاج إلى الرعاية الفنية ونأخذ هنا الكابلات الزيتية مثالاً لتوضيح العمل في الصيانة وكيفية التعامل معها عموماً ونضعها في عدة محاور نلخصها في المخطط التالي:



(الشكل رقم 2-26)

المحور الأول: مبادئ الصيانة

تعتبر الكبلات الزيتية من أهم أنواع الكبلات لأنها متداولة في أيدي المارة عابرين وعاملين في الشوارع والأراضي الفضاء ولهذا نلحظ وضعا أوليا في العمل بها أو عند الاقتراب منها ويلزم اتباع قواعد الأمن الصناعي في هذا الشأن وأهمها:

1- الوقاية من أخطاء الغير حيث يلزم عمل لوحات رسم تنفيذية (طبقا للواقع as built drawings) ثلاثية الأبعاد وتسليمها لجهات الاختصاص وتلك المعنية.

2- المتابعة الجيدة وهي عبارة عن تفتيش هندسي وتحليل القراءات الفنية الدورية وبيانات الأعمال ومتابعة حالة دوائر الفصل التلقائي والبطاريات المغذية لها واختبار أجهزة القياس للتأكد من سلامتها.

3- الصيانة الدورية وهي هامة لعلاج القصور وتلافي العيوب.

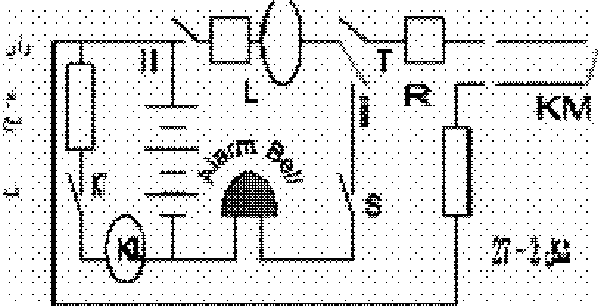
4- أعمال الصيانة الشاملة ويقدم الشكل رقم 2-26 التصنيف العام لأعمال الصيانة بالنسبة للكبلات الزيتية خصوصا وأن الكبلات الزيتية من أكثر التطبيقات الهامة في المدن.

المحور الثاني: نوعيات الصيانة

مستوى ضغط الزيت بالكبل يكون أعلى من 0.3 كجم/سم2 ويمنع ضخ الزيت بالكبل إلا بالأسلوب الهندسي السليم لمنع دخول فقاعات الهواء إلى داخل الزيت، كما تستخدم دوائر ثانوية تعمل بالشكل المستمر لمتابعة مستوى الضغط ومنسوب الزيت في كل جزء على طول المسار، مع ضرورة الاعتماد على الوصلات الفنية اللازمة لحماية نهايات الكبل من التأثيرات الميكانيكية المختلفة، وهو ما يجب مراعاته عند وصل الكبلات، وتضع الحالات الرئيسية لمفهوم هذه الأعمال في السطور القادمة.

1- دوائر الإنذار بالخلل في ضغط الزيت

يقوم الزيت تحت الضغط العالي كعازل عالي المستوى [illegible] على هذا المستوى [illegible] الإشارة التنفيذية بمجرد الاقتراب من حدود الخطر وتعمل هذه الدوائر بجهد 48 فولت مستمر وتيار 20 ملي أمبير ويتم التوصيل من خلال كبلات التحكم [illegible] الكبل (الشكل رقم 2-27) تمثل الدائرة [illegible] في التشغيل [illegible]



شكل 2-27

دائرة الجرس مفتوحة بينما [illegible] من خلال المفتاح والوصلة [illegible] الضغط الذي يعطي الأمر إلى [illegible] حماية الدائرة [illegible] إلى رفع ضغط الزيت أعلى من القيمة [illegible] نتيجة [illegible]

الزيت ويمثل له حد يجب ألا يزيد عنه بل ويجب الإنذار عنه (شكل 2-27)، أي أنه يجب قياس كلا من درجة حرارة الزيت وضغطه.

الجدول رقم 2-24 : بيان بقطر الموصل (مم) تبعا لطول الكبل (كم)

قطر سلك	أقصى مسافة كبل	قطر سلك	أقصى مسافة كبل	قطر سلك	أقصى مسافة كبل
0,6	6	10	10	14	14

2- حالة كسر في العازل بنهاية الكبل

تعتبر حالة غير خطيرة ولكن من الأفضل التغيير السريع للعزل المكسور.

3- انخفاض مفاجئ في ضغط الزيت

يلزم التأكد من سلامة أجهزة القياس مثل المانومتر وفصل التيار الكهربي عن الكبل وعزل الخزانات إذا كان هناك تسريب سريع للزيت من الكبل ويجب اختبار الزيت للكسر الكهربي.

4- تزويد الكبل بالزيت

عند انخفاض الزيت في الخزان يلزم تزويد الكبل بالزيت ولكن لها من الشروط الفنية والهندسية المعقدة والهامة للحفاظ على مستوى العزل داخل الكبل وهو ما يمكن بثه من خلال الضخ إلى الخزان الاحتياطي أو الضخ المباشر إلى الكبل.

أن

شكل 2 - 28

5- التسريب التدريجي للزيت في الكبل

هذه الحالة تعطي احتمالين:

أ) أن يكون التسريب من المساعدات أو الفواصل والنهايات ([illegible])

ب) أو من القميص الرصاصي

ويجب أن ينتهي التسريب وعودة ضغط الزيت إلى المضخ (الشكل رقم 2-27).

5-2: القواطع الكهربية Circuit Breakers

تلعب القواطع الكهربية في شبكات التوزيع الكهربي الدور الهام لحماية المعدات والأجهزة العاملة على أطرافها بجانب الكابلات الناقلة للتيار بين الأطراف المختلفة، ولذلك تحظى القواطع الكهربية بالاهتمام البالغ ولذا نستعرض موضوع القواطع الكهربية لجهد التوزيع والاستغلال 380 / 220 ف في عدة محاور كما يلي في السطور القادمة حيث تعتمد هذه القواطع 380 / 220 ف على المواصفات القياسية والتي تحدد المقننات المختلفة لها من جهد وتيار بأنواعها المتعددة لما تقوم به هذه القواطع من عمل هام حيث لها من الفوائد ما يلي:

1- إتاحة الفرصة لعمليات التوصيل والفصل لأي جزء من الشبكة دون التأثير على البقية منها

2- التخلص من التأثير الحراري عند ظهوره وذلك بفصل الجزء مرتفع الحرارة عن التشغيل

3- السماح بإجراء أعمال الصيانة لكل جزء على حدة

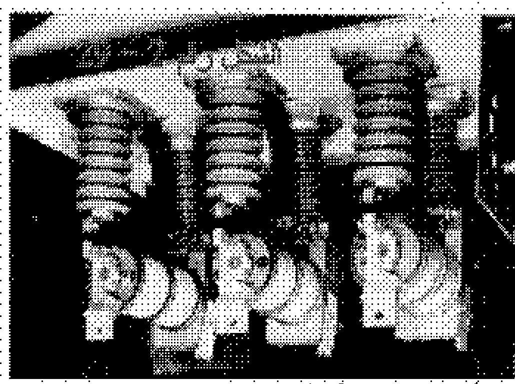
4- الحفاظ على القياسات ودقتها بالمساهمة في تقليل المجالات الكهرومغناطيسية أثناء القصر

5- إمكان تقليل تيارات القصر بمحددات التيار معها Current Limiter أو بتقنية القطع الدائري المزدوج حيث السرعة الفائقة لتباعد الملامسات تقليلا لزمن الفصل وبسرعة تعلو عن معدل ارتفاع مقدمة الموجة الفجائي للجهد فتزيد من كفاءة القاطع وقدرته لقطع التيار.

6- الفصل عند ظهور التسرب الأرضي للتيار Earth Leakage Current وهو ما قد يضر بالعاملين والمستهلكين والمشغلين لهذه الدوائر وخصوصا في مدارس الأطفال ورياض الأطفال ويحدث التسرب للتيار نحو الأرض بسبب أحد الحالات التالية:

أ) عدم تأريض جهد الشبكة الكهربية

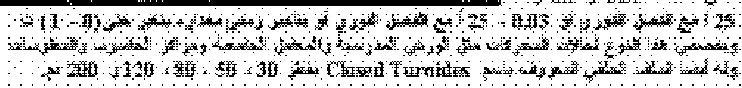
ب) تلامس أحد الأسلاك الحاملة للتيار مع جسم المعدة أو الجهاز من خلال مقاومة ما.



ج) عدم تأريض جسم الأجهزة والمعدات العاملة تحت جهد كهربي.

د) ضعف العزل الكهربي داخل المعدة والاقتراب من الانهيار الكهربي الكامل.

مما يلزم معه فصل الجهاز عن الشبكة حماية للأفراد ويتم ذلك آليا تبعا لنظام توصيل شبكة التوزيع بالموقع مع نقطة التعادل وهي المدرجة بالمواصفات القياسية الدولية ويعتمد هذا المنتج المشتمل على خط التعادل في التوصيل الأرضي على درجة الحساسية للتيار المتسرب وهو مقنن بالقيمة 0.03 أو 0.3 أو



25 أمبير الفصل الفوري أو 0.03 - 25 أمبير الفصل الفوري أو بتأخير زمني مقداره يتغير على (0 - 1) ث ويخصص هذا النوع لحالات المصروفات مثل الورش المدرسية والمعامل الخاصة ومراكز الحاسوب والمستوصفات وله أيضا المقاطع الحلقي المعروفة باسم Closed Turoids بقطر 30، 50، 80، 120 و 200 مم.

7- السماح بالارتفاع الحراري لمدة محددة نتيجة زيادة التيار فوق المقنن.
وتنحصر هذه القواطع عموما في مستويين تبعا للمواصفات الفرنسية هما:

المستوى الأول: فئة A

يعبر هذا المستوى عن فتح الدائرة الكهربية فورا بدون أي تمييز زمني

المستوى الثاني: الفئة B

هنا يدخل في الاعتبار التمييز الزمني للفصل Time Discriminaion أي التأخير لمدة عملية الفصل وعلى الجانب الآخر تنحصر القواطع منخفضة الجهد (380 / 220 فولت) بهذين المستويين في ستة أنواع مختلفة هي:

1- مفتاح فاصل كهربي switch

هو من أبسط الطرق للتحكم في الدوائر الكهربية ويصلح للتيارات الصغيرة كما هي المفاتيح المستخدمة في المنازل والمدارس والمعامل بالجامعات لغرض الإنارة علما بأن التيار صغيرا ولا يحتاج إلى تدخل تقني للتخلص من الشرارة أثناء عملية الفصل، وتقع هذه النوعية في المقننات لأقل من 1-2 أمبير، وتسمى تلك القيم المقننات الأساسية من حيث جهد التشغيل المقنن وتيار القطع الأقصى وسعة القطع Rupture Capacity وهي عادة وحيدة الأقطاب Single Pole لأنها تستخدم للوجه المفرد ويجب أن يتم تركيبها على الوجه Life Wire في بداية التوصيل من جهة المصدر وليس على سلك التعادل Neutral Wire.

شكل 2-30

2- سكينة فصل Isolator

تمثل العزل الكهربي بين الدائرة ذات الجهد وبقية أجزاء الدائرة البعيدة عن الجهد أي على الطرف الثاني من السكينة وتستخدم هذه النوعية في المصانع والورش لما لها من مميزات تتمثل في إمكانية الفصل للتيار والجهد عن الورشة فور الانتهاء من العمل ويقدم الشكل رقم 2-28 مثالا لها ويكون محور حركة أطراف التوصيل إلى أسفل كقاعدة أمان للمتعاملين مع القواطع الكهربية بيد، كما يوضح الشكل رقم 2-29 منظرا ثابتا لها لدى المبتدأ في التعامل مع المكابس الكهربية.

شكل 2-31

3- قاطع كهربي بسيط Simple Breaker

يمثل القاطع الكهربي الذي يؤدي عملية الفصل للدائرة ذاته بقطع التيار الصغير وهي تقطع التيار تبعا للتغيرات الخاصة بقطع الشرارة الكهربية ولكنه قاطع للمعدات الصغيرة والتي قد لا تتعدى عدة أمبيرات من الأحمال، ويصلح لكل من التيار المستمر والمتردد.

4- قاطع كهربي مزود بأداء وظيفة سكينة الفصل Compact Breaker

يتكون من البندين السابقين معا في معدة واحدة وهو أكثر انتشارا بالاستخدامات الصناعية والهامة.

5- المصهر Fuse

يقوم بعمل القاطع ويقطع التيار في حالة القصر (الشكل رقم 2 - 30) ولكن يعيبه ضرورة تغييره عند كل فصل تلقائي مما يزيد من التكلفة في تلك الشبكات ذات القصر المتكرر repeated short circuit والمصهر من الأدوات واسعة الإنتشار.

6- سكينة بالمصهر Fused Isolating Link

يتضمن البند السابق مع سكينة للفصل والتوصيل أثناء التشغيل وهي عمليات ضرورة للتشغيل الكهربي (الشكل رقم 2 - 30) ويستعان بها في الورش والمصانع ومازال الاعتماد عليها كثيرا حتى الآن بالرغم من ظهور تقنيات أفضل بكثير.

7- القواطع المنمنمة Miniature CB

ظهرت القواطع المنمنمة في نهايات القرن العشرين وهي صالحة للتيارات الصغيرة أقل من 100 أ وتقسم تبعا لخصائص التشغيل عند الفصل بمنحنيات التيار مع الزمن وهي بذلك تعطي الفرصة للتمييز الزمني أو حتى درجة إحساسها بالقصر من عدمه. ويتدرج المقنن القياسي التجاري أيضا من 0.5 – 0.75 – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 صاعدا حتى 63 أ وبتيار قصر 10 أو 15 ك. أ. وينتج منه أحادي الأقطاب وثنائي وثلاثي ورباعي الأقطاب جهد 240 / 415 ف. وينتج أيضا منه للتيار 80 و 100 و 125 أ بتيار قصر 25 ك. أ. ويزود بمتممات التسرب الأرضي ذات حساسية 10 – 30 – 100 – 300 – 500 للتيارات حتى 1000 أ. علاوة على ذلك نجد أنها تثبت أفقيا أو رأسيا بنظام مجري موحد Omega Din Rail وهو نظام عالمي حيث يكون عرض القاطع /قطب pole عرض ثابت مقداره 9 مم للقطب ولهذا ثنائي الأقطاب بعرض 18 مم وثلاثي الأقطاب 27 مم وهو ينتج بمضاعفات التسعة ميلي متر.

في هذه الشبكات نستطيع حساب قدرة القطع I_{sc} بطريقة سريعة وتقريبية بناء على قيمة الجهد المقنن V بتحديد كلا من مقاومة R_b وممانعة X_b كل فرع branch وكابل بها وحتى مكان تركيب القاطع بالصيغة

$$I_{sc} = [V/(3)^{1/2}]/(\Sigma R_b^{2} + \Sigma X_b^{2})^{1/2} \ \text{kA} \qquad (2-78)$$

بالرغم من أن التيار ليس واحدا على طول المسار حيث يتفرع كل مرة عددا من المغذيات فيتغير التيار ولكن هذا التأثير ضعيف ويعطي الحساب بسهولة وهي عملية هامة لتصميم القواطع في شبكات التوزيع ولمراجعة التركيبات.

الكهربية حفاظا علي المعدات والأجهزة بها. يبين الشكل رقم 2 – 31 الفصل التلقائي بالتأثير الحراري المغناطيسي ويظهر التيار المغناطيسي Im مدي التأخر عن الفصل السريع وكليهما يمكن ضبطه من خلال الوضع المطلوب لكل منهما علي كل دائرة ضبط خاصة بها كما يتيح الفرصة لتكون قيمة التيار المغناطيسي للفصل قيمة ثابتة لا تتغير، وهناك عددا من الأساليب المتبعة في هذا الشأن.

الأسلوب الأول:

يستخدم هذا النظام لحماية المولدات والكابلات الطويلة وبه الوقاية الحرارية المغناطيسية بزيادة التيار وكذلك القيمة المغناطيسية الثابتة للفصل وتتراوح بين 7 و 10 أمثال القيمة المقننة (الشكل رقم 2 - 31). أما بالنسبة للفصل الإلكتروني فنجد في الشكل رقم 2 - 32 مثالا له حيث توجد الأوضاع المختلفة للضبط لكل من التيار المغناطيسي وتيار الفصل وتيار القصر I كما يوضح الرسم كيفية الضبط لهذه القيم جميعا.

الأسلوب الثاني:

يصلح لوقاية الكابلات التي تمد الأحمال العادية وبها زيادة التيار كوقاية حرارية إضافة إلي القيمة المغناطيسية الثابتة لفصل تيارات القصر والتي تثبت عند القيمة من 7 إلي 10 ضعف المقنن من التيار (الشكل رقم 2 - 32).

الأسلوب الثالث:

يدخل هذا المنحني مع التيارات المقننة العالية وتكون الوقاية الحرارية لزيادة التيار بينما يتم تثبيت القيمة المغناطيسية عند القيمة من 10 إلي 14 مثل القيمة المقننة (شكل رقم 2 - 33).

الفصل الإلكتروني يتكرر بصفات أعم كما جاءت في الشكل رقم 2 - 33 حيث يظهر التأثير الزمني لضبط الزمن الذي يعطي الفرصة للتغير الزمني للفصل مع التيار في المرحلة قبل الأخيرة نسبة إلي الخواص السابقة.

الأسلوب الرابع:

هنا نتعامل مع المحركات الكهربية وذلك لوقاية بادئات الحركة من زيادة التيار كوقاية حرارية مع تثبيت القيمة المغناطيسية بين 10 و 13 ضعف التيار المقنن.

الأسلوب الخامس:

يدخل هذا الأسلوب لوقاية الكابلات عند الأحمال العالية وهي عادة حرارية الطابع لزيادة التيار وثابتة القيمة المغناطيسية بين 10 و 14 ضعف التيار المقنن.

8- القواطع المقولبة Molded CB

تعمل هذه النوعية مع كافة الأحمال ونظم الوقاية للمولدات إضافة إلي النوع الإلكتروني حيث به فاصل إلكتروني عالي الأداء ويحدد لزيادة التيار بالقيمة من 0,4 وحتى القيمة الصحيحة من التيار المقنن وهو في كثير من الأحوال قابل للسحب خارج وضع التشغيل لتحديد وضع الفصل والتنبيه بطريق مباشر عن عدم التوصيل إلا بمعرفة المتخصص وهي ما يتم حساب مقاطعها ومفتاتات تيار الفصل عند حماية الكابلات بها باستخدام الجداول الخاصة بها سواء للكابلات النحاسية والجدول المخصص لتلك من الألومونيوم.

أن هذه القواطع المقولبة تعمل كقاطع عمومي أو فرعي رئيسي حسب الأحوال ولها مقننات للتيار يتراوح بين 15 وحتى 250 أ ولها قدرة قطع تتراوح بين 10 إلي 25 ك. أ. وتنتج بأقطاب إما ثنائية أو ثلاثية أو رباعية وعادة تعمل علي نظام الفئة A ولها نوعين من تثبيت الأطراف فهي إما أمامية أو خلفية ومن النوع المتحرك عموما.

9- القواطع الهوائية Air CB

تستطيع هذه النوعية مع التيارات الكبيرة (إلي 1.2 ك أ) ولذلك تستخدم في الشبكات الكهربية العمومية أو في الدخول إلي المواقع التي بها أحمالاً في هذا المستوى مثل المدارس والمطابخ والمستشفيات التعليمية والمصانع والتجمعات المختلفة. يمكن تركيب كافة الأجهزة المحورية بسهولة الوقاية ويمكن إجراء الصيانة عليه بسهولة كما أنه بسيط عند الاعتماد علي الحاسب الآلي للتحكم في تشغيل الشبكة. ويصنع كلاً من التيار المستمر DC والمتردد AC ويصنع منها قواطع من 0.8- 1.2 حتى 3.2 ك أ عند درجة حرارة 40 أو 50 °م ومع سعة قطع عند 50/ 60 هيرتز 380 ف من 50 إلي 150 ك أ. ويكون عادة من الفئة الاريتاج منه أنواعاً بثلاث أو أربع أقطاب 3 poles or 4 poles وقد يكون من النوع المنزلق With-draw able Type ويتكون بصورة عامة من:

1- شاسيه Chassis

2- غرفة شرارة Arc Chute

3- فاصل حماية Safety Shutter

4- محركة لشحن الميكانيزم الميكانيكي

5- وحدة تحكم للقواطع بالتيار المتردد حيث يصل مع قيمة RMS للتوافق القصير أو الموجات التوافقية. ومن الممكن إضافة ذاكرة حرارية Thermal Memory. القاطع العمل علي التشكيلات الكهربية حماية لها من التراكم الحراري Thermal Accumulation بها يقوم القاطع بتسجيل التأثير الحراري بخواصها بحيث يقوم علي الفصل في مدة أقل من السابقة عند تكرار نفس السبب الحراري أو الفصل عموماً علي لا يتأثر الموصل الكهربي بها ويحدث الانهيار الكامل بسرعة بما يطيل من عمر القاطع والكابل معاً.

شكل 2 – 33

6- جهاز التحكم عن بعد Remote Control

7- أطراف مساعدة Auxiliaries Terminals تسمح بتغييرها وتستبدلها عند اللزوم بدلاً من تغيير المفتاح كله أو الأطراف ذاتها

8- غطاء لغرفة الشرارة وآخر للأطراف المساعدة ولذلك للقاطع ككل.

9- ملحقات أخرى: يدخل في هذا النطاق كلا من: المفتاح المساعد Auxiliary Switch والمقبض المتحرك Rotary Handle وفصل الجهد Voltage Release ومانع الحركة الميكانيكية Mechanical Interlock ومنه نوعان فهو إما باليد الدوراني Rotary Hand أو بالقفل Toggle سواء كان الثابت أو المتنقل ويضاف أيضا محولات التيار CT المستخدمة في الدوائر الخاصة بالوقاية المركبة علي القاطع مباشرة.

الإضاءة الكهربية في المدن

ELECTRIC ILLUMINATION

تلعب الإضاءة في المدن دورا مهما ومحوريا في الحياة وتتشعب الإستخدامات لشبكات الإنارة في مختلف النواحي الصناعية والزراعية والاجتماعية وغيرها ولا يقتصر دورها على أساليب التأمين والمعايشة اليومية بل يتعداه إلى حدود السلامة والأمان في مناطق أخرى فمثلا عملية الإنتاج قد تتوقف تماما إذا كانت الإنارة دون المستوى المطلوب وتشكل الإنارة واحدا من أكبر وأهم الأحمال في المدن حتى وإن كانت مدينة صناعية، ولقد حظيت موضوعات الإنارة بالدراسات المستفيضة سواء من ناحية الجوانب الأكاديمية النظرية أو تلك التطبيقية العملية لتواكب المتطلبات المتزايدة لمختلف أنشطة المجتمع.

من المعروف جيدا أن شبكات الإنارة تختلف اختلافا متباينا من حيث الاستخدام أو التصنيع فما يستخدم في المصانع والورش قد لا يصلح في المستشفيات كل حسب الهدف والغرض والعوامل البيئية المصاحبة له ولقد أدى ذلك إلى استنباط ما يسمى بنظم إدارة الإنارة والتي تحدد المواصفات الدقيقة والعملية لنظام الإنارة في مكان ما والتي تتكامل مع المنشأة الموجودة فيها للحصول على مميزات متعددة وحيوية، كما أنه بطبيعة الحال بعد التقدم الهائل في صناعة الطائرات فلقد استحدثت أنظمة صممت خصيصا لإنارة الطائرات في جميع حالات الطيران المختلفة سواء نهارا أو ليلا لأمان الطائرة وراحة الركاب؛ ولقد تطورت أنظمة إدارة الإنارة في العقدين المنقضيين بما يواكب التقدم العلمي للوصول بما يسمى حاليا الأنظمة الذكية للإنارة وهي التي تطبق حاليا في المكاتب المهمة والفنادق الكبرى العالمية والشركات المتقدمة وعددا من المدارس الداخلية بمصر وأيضا مكتبة الإسكندرية.

تنمو وبصورة سريعة نظم إدارة الإنارة الذكية Expert Systems في كثير من البلدان المتقدمة مثل أمريكا وأوروبا وأيضا في أقطار الشرق الأقصى حتى وصلت إلى معدلات قياسية من التقنية والكفاءة، وجدير بالذكر هنا أن نجدد كمثال تطبيقي على أهمية هذه النظم ما أنفقته شركة الخطوط الجوية البريطانية خلال الفترة الماضية القصيرة ما يقرب من 200 مليون جنية إسترليني لبناء نظام إنارة خاص بها. ولأن شبكات الإنارة الآن تستهلك القدر الكبير من الطاقة فإن الطرق التقليدية القديمة في الفصل والتوصيل تصبح عديمة الفائدة بل ضارة أحيانا. ولهذا كان من الضروري البحث عن طرق وأساليب توفر الطاقة وتكون آمنة في ذات الوقت. وأصبح متاحا اليوم العمل الآلي لتشغيل دوائر الإضاءة مباشرة فور هبوط مستوى الإضاءة في الموقع عن حد معين (حد مرجعي) فبذلك نستطيع التعامل مع هذه النظم وتكون ناجحة مع تكاثر السحب نهارا أو مع هبوط الليل أو مع الإظلام الداخلي في بعض المنشآت موفرة للطاقة بجانب أنها تعمل آليا ولا تحتاج إلى اليقظة في تشغيلها، إضافة إلى نفس التشغيل الآلي بقطع التيار عن دوائر الإضاءة إذا ما ظهر النهار فمثلا عند بزوغ النهار أو ظهور النور.

تتيح أنظمة الإنارة الحديثة في هذا المجال ليس فقط تلبية رغبات المستهلكين في الحال ومستقبلا بل وفي جميع المسطحات باستخدام الحاسب الآلي علاوة على الاستعانة بالأشعة تحت الحمراء مع مبينات أو كاشف حساس للضوء فتتحكم في دوائر منطقية قابلة للبرمجة مع الحاسب فتعمل على التشغيل توصيلا أو فصلا حسب الاحتياج وقد أصبح فعلا هذا النظام مستخدما وبعدد هائل من المصابيح والمفاتيح مع تغيير مستويات الإضاءة في ذات الوقت على التوازي أو في أزمنة متتالية لنفس الدائرة الواحدة.

يمكن الحصول على الطاقة الضوئية من خلال عدة سبل منها:

1- مرور تيار كهربي في فتيلة.

2- قوس كهربي بين قطبين (معدن أو كربون)

3- تفريغ كهربي داخل بعض الغازات مثل بخار الصوديوم أو الزئبق أو النيون

على الجانب الآخر من الناحية الفنية والمواصفات القياسية يجب مراعاة ما يلي:

1- شدة الإضاءة المناسبة لأداء العمل المحدد

2- كمية اللون المناسبة في هذا الضوء

3- تجنب الإبهار الناتج عن شدة الضوء

4- تجنب الظلال الشديدة المعتمة

5- الصيانة الجيدة والمستمرة لدوائر الضوء وملحقاتها

كان النوع الزيتي أول مصابيح استخدمت للإضاءة في العصر الروماني منذ حوالي مائة عام قبل الميلاد ثم اكتشف همفري ديفي عام 1808 وجود شرارة دقيقة جدا باستخدام التيار الكهربي عند تقريب سلكين بينهما مسافة صغيرة جدا موصلين بقطبي بطارية، ثم استخدمت المصابيح المملوءة بالغاز في إضاءة الشوارع بباريس وأمريكا عام 1816.

كذلك أجريت تجارب متعددة في الفترة 1849- 1856 لتطوير مصابيح القوس الكهربائي الكربونية بواسطة كل من ستيني وبيترء ثم في الفترة التالية 1870- 1898 تمكن هولمز من إضاءة بعض المنازل في مدينة لندن بواسطة مصابيح القوس الكربونية من مولدات كهرو مغناطيسية والتي تدار بالبخار.

في عام 1876 اخترع الضابط الروسي جابلوشكوف مصابيح تحتوي على قطبين من الكربون موضوعين بجانب بعضهما وسمي هذا المصباح بالشمعة الكهربائية وفي 1878 أنتجت مصابيح القوس الكهربي وفي عام 1879 اخترع توماس أديسون المصباح الكهربي وكانت فتيلة هذا المصباح من الورق المكربن، ثم مصابيح فتيلة الخيزران المطلية بالكربون Carbonized Bamboo Filament Lamps وتلا ذلك استخدام أول نظام إضاءة كهربي للشوارع بمصابيح القوس الكربوني المفتوح ثم تطورت في عام 1893 وأصبحت مصابيح القوس الكربوني المغلق هي المستخدمة Open Carbon Arc Lamp.

واستمر التطور والابتكار حيث تطورت صناعة المصابيح وأنتجت مصابيح أخرى مثل مصابيح القوس المشتعل Flaming Arc Lamps ومصابيح القوس المضيء Luminous Arc Lamp ثم في عام 1891 استخدمت مصابيح فتيلة السيليلوز المطلية بالكربون Carbonized Cellulose Filament.

في عام 1905 ظهرت أول مصابيح الفتيلة المعدنية Metallic Filament وفي نفس الوقت أنتجت مصابيح الأوزميوم Osmium Lamp ثم أنتجت مصابيح التيتانيوم Titanium Lamp وفي عام 1906 ذات فتيلة من معدن التيتانيوم. بعد ذلك أجريت تحسينات على مصابيح الفتيلة المعدنية حتى أنتجت المصابيح المملوءة بالغاز Gas Lamps وفي عام 1934 استخدمت مصابيح الصوديوم بشدة إضاءة أعلى (56 لومن / وات) وكان عمر المصباح في حدود 4000 ساعة، وقد استخدمت لأول مرة مصابيح الزئبق في عام 1939 كما أنتجت تجاريا مصابيح بتحسين عام 1937 وتميزت عن المصابيح السابقة وظهرت في نيويورك المصابيح الفلورسنت الأنبوبية الموفرة للطاقة في الفترة 1938 – 1939 وتحتوي على دائرة تسخين متقدم لبداية التشغيل وفي عام 1944 تم تشغيلها بدائرة بداية التشغيل اللحظي في عام 1952 استخدمت دائرة بداية التشغيل السريع وفي عام 1978 أنتجت المصابيح الفلورسنت الأنبوبية ذات قطر أقل من سابقيها وبنفس الأطوال ومنذ سنوات أنتجت المصابيح الفلورسنت ذات القطر 16 مم.

بعد ذلك تعددت الأبحاث لإنتاج المصابيح الفلورسنت المدمجة ثم أنتجت في 1991 مصابيح الحث الكهربي Induction Lamp أو تلك بدون أقطاب المصابيح الفلورسنت المدمجة Electrode-less Lamp ثم في 1996 ظهرت المصابيح الفلورسنت المدمجة الحلزونية Helix Compact Fluorescent Lamp وهكذا تستمر الحياة وتظهر الابتكارات الجديدة مع كل يوم.

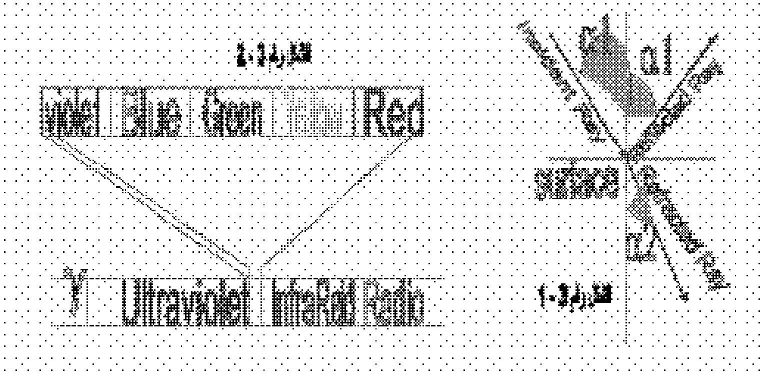
جدير بالذكر أنه قد تم حصر الطاقة المستهلكة في الإضاءة بمصر لمدة عام طبقا لتقارير هيئة كهرباء مصر السنوية كما في الجدول رقم 3-1 بالنسبة المئوية لاستهلاك الطاقة الكهربية اللازمة للإضاءة من الطاقة الكلية.

الجدول رقم 3-1 : استهلاك الطاقة الكهربية في الإضاءة بمصر

القطاع	جيجا و.س/ السنة	الإضاءة %	القطاع %
السكاني	4622	73	38
تجاري	858	14	50
صناعي	447	7	2
حكومية وأخرى	365	6	7
إجمالي	6292	100	97

1-3: خصائص الضوء Light Performance

من المعروف أن الضوء عبارة عن طاقة وهي كذلك تتحول من أي من صور الطاقة كهربائية كانت أو كيميائية أو غيرهما وهي تنتقل في خطوط مستقيمة داخل الوسط medium وتكون سرعته 3×10^{8} متر/ثانية في الفضاء Space ويقل عن ذلك في وسط الهواء Air ويقل أكثر في وسط المعادن و السوائل، ولكل وسط معامل انعكاس reflecting وآخر للمرور refracting داخل الوسط نفسه وهذا ما يظهر في الشكل 1-3 حيث أن سرعة الضوء تتحدد بالمسافة



سرعة الضوء = طول موجة الضوء × ذبذبة الموجة (1-3)

فمثلا طول موجة الأشعة فوق البنفسجية 400 نانو متر بذبذبة 7.5×10^{14} هيرتز بينما طول الموجة تحت الحمراء هو 750 نانو متر بذبذبة 4×10^{14} هيرتز وعند مرور أي موجة من وسط إلى آخر لا تتغير الذبذبة ولكن يتغير كل من طول الموجة وسرعتها تبعا للمعادلة رقم 3-1 ينتج الإشعاع الضوئي كموجات كهرومغناطيسية electromagnetic waves من خلال العمليات الفيزيقية والكيميائية المختلفة وحيث أننا بصدد الإشعاع الضوئي radiation of light فقط في نطاق الرؤية البصرية vision range (380 – 780 نانو متر) إضافة إلى الموجات فوق البنفسجية ultra violet وتحت الحمراء infra-red حيث أصبح متاحا تحويلها إلى مجال الرؤية ويتضح من الشكل رقم 3-2 أن الموجات المختلفة تتزايد وتتناقص بينما الموجات الضوئية تقبع في الوسط تقريبا وكلما تحركنا طرفيا تقابلنا مع الأشعة الضارة والخطرة مثل جاما وغيرها، كما أنه ينتج الإشعاع المرئي عموما من:

1- التوهج luminous through over heating نتيجة سخونة السوائل أو المعادن الصلبة في درجات حرارة عالية جدا تصل إلى حد الانصهار

2- التفريغ الكهربي electric discharge بمرور التيار في الغازات

3- مرور تيار في أشباه الموصلات semiconductors والمواد الفسفورية

4- إعادة الإشعاع re-radiation بعد امتصاصه مثل المواد الفسفورية والفلورية

5- الديناميكية الإليكترونية لتصادم electron collisions منتجا " فوتون "

6- من خلال العمليات الكيميائية chemical والحرارية لبعض المعادن

يبين الجدول 3-2 توزيع شدة الاستضاءة (فوق مترى) الفيض الضوئي تبعا للاتجاهات والزاوية الفراغية. يظهر الجدول عددا من الأنواع المتباينة من أشعة الضوء ومستوى استخدامها في شتى الميادين حيث ننتفع بها في الدوائر الكهربية الحساسة لحماية المتاحف بل وفي الكشف عن الدخان أو عن مسببات الحريق إلى غير ذلك من المهام وهي كلها نافعة للإنسان كما لا يفوتنا أشعة الليزر بمنافعها ومضارها في القرن العشرين وما سوف ينتجه القرن الحالي من معجزات ضوئية مقبلة، وبعد ما سبق تقديمه بصورة عامة عن الضوء نستعرض خصائصه في السطور التالية.

أولا: الوحدات الهندسية Engineering Units

نتعرض في هذا الجزء للتعاريف المختلفة definitions للوحدات الضوئية والتي تنتج من المصابيح الكهربية فالمصباح الكهربي أيا كان نوعه هو أداة لتحويل الطاقة الكهربية إلى طاقة ضوئية وذلك عن طريق مرور تيار كهربي عبر وسط ما وهو الذي يحدد نوعيته وخصائصه خصوصا وإننا سنتعامل مع أنواع عديدة من المصابيح الكهربية حيث يختلف كل نوع عن الآخر من حيث التصميم والأداء تبعا للغرض من المصباح وأهمها هو الإنارة، ويمكن الاعتماد على الأسطح العاكسة للضوء والتي تعتبر بدورها مصادر ضوئية ثانوية كما أظهر ذلك الجدول رقم 3-2 ومن هذه الوحدات:

1- الفيض الضيائي Luminous Flux ϕ

هو كمية الإشعاع الضوئي الخارجة من منبع مضيء في الثانية الواحدة شدته 1 كانديلا على مساحة 1 م^2 ووحدة الفيض الضوئي هو اللومن ويرمز لها بالرمز المختصر (lm)

الجدول رقم 3-2: أنواع الإضاءة

ضوء	اتجاه الأشعة	أعلى %	أسفل %	التأثير
مباشر		10 - 0	90- 1000	تركيز الضوء إلى أسفل ويقل على السقف ويجب أن يكون عاليا للحصول على شدة متساوية وتجنب الإبهار
مباشر بشكل رئيسي		40-10	90-60	تركيز الضوء إلى أسفل ويقل على السقف ويجب أن يكون عاليا للحصول على شدة متساوية وتجنب الإبهار
متساوي		60-40	40-60	لا يظهر الإبهار ويضيء السقف مع ظلال ضعيفة ويكون التعليق بعيدا عن السقف ويكون متجانسا في التوزيع وقد تستخدم المتعددة لمثل هذه الغرفة
غير مباشر بشكل رئيسي		90-60	10-40	لا يظهر الإبهار ويضيء السقف مع ظلال ضعيفة ويكون التعليق بعيدا عن السقف
غير مباشر		100-90	10-0	ظلال شديدة ويصلح في أعمال الديكور بشكل عام كما لا يوجد إبهار
غير مباشر		100-90	10-5	الظلال شديدة وفي الضوء الساطع كما أنه يصلح لأعمال التصوير فوتوغرافي وسينمائي وأعمال الديكور ويقضي على أي إبهار

2- كمية الضوء Q Quantity of Light

تعرف كمية الضوء الخارجة من مصباح معين في زمن معين بأنها

$$Q = \phi t \quad (lm.s) \qquad (3-2)$$

حيث t هي الفترة الزمنية و ϕ هو الفيض الضيائي لهذا المصباح.

3- كفاءة الإضاءة Luminous Efficiency

تتحدد بالنسبة بين شدة الضوء بوحدات اللومن إلي كل وات من الطاقة المنتجة له فمثلا المصباح المستهلك لطاقة 100 و، وينتج ضوءا قدرته 500 لومن فتكون كفاءته 500 / 100 أي 5 لومن /و.

4- الاستضاءة E Illumination

هي تلك الكمية الساقطة من الفيض الضوئي علي سطح مساحته الوحدة أي أنها تعادل الوحدة (lm/m^2) وهي الوحدة الجديدة والتي تسمي اللوكس حيث (اللوكس = لومن / مربع المتر) وتأخذ الصيغة:

$$E = d\phi / ds \qquad (3\text{-}3)$$

5- شدة الإضاءة Luminous Intensity (I)

تعرف بأنها كمية الفيض الضوئي الساقط علي مساحة ما بالنسبة إلي الزاوية الفراغية المقابلة لهذا السطح عند المنبع الضوئي ووحدتها الكانديلا والتي تعبر عن قوة الضوء الساقط علي مساحة الوحدة 1سم 2

$$(I = \phi \ /\text{solid angle})$$

6- التضوع Luminance (L)

يقاس بهذا المعامل شدة الضوء الصادر عن مرهوضوئي أو ذلك المنعكس عن ضوء أساسي آخر وهو محدد الاتجاه ويتحدد لكل نقطة علي حدة علي كل سطح ويمثل شدة التضوع علي المساحة الساقط عليها وبذلك تصبح وحداته هي كانديلا / سم 2

$$(L = I / A)$$

7- الانعكاسية Reflectance

يظهر الضوء المنعكس من الأسطح المواجهة لمنبع الضوء ويكون أكثر تجانسا من ضوء المنبع الرئيسي ولكنها بقدر أقل بمعامل أقل من الواحد الصحيح ولذلك يكون

الضوء المنعكس = الضوء الساقط × معامل الانعكاس (4-3)

8- معامل الاستهلاك Depreciation Factor

يتأثر هذا المعامل بعمر الفتيلة وهو ما يتبع الصيغة:

معامل الاستهلاك = الفيض الفعلي / الفيض الأقصى في بداية التشغيل (5-3)

9- معامل الاستفادة Use Factor

يعبر هذا المعامل عن النسبة بين كلا من الضوء الساقط والضوء الأصلي الصادر عن المنبع الضوئي ويتم التعبير عنه بالمعادلة

معامل الاستفادة = الفيض المستغل فعلا / الفيض الكلي بالمنبع (6-3)

في الواقع الفعلي يتراوح هذا المعامل بين 70 و 80 % وهو يعتمد على:

(أ) الأسطح العاكسة وهي تتمثل في الحوائط والسقف وألوانها

(ب) ارتفاع المصدر الضوئي عن السطح المضاء

(ج) زاوية الضوء الموجه إذا ما كان المصدر موجها

مع العلم بالتحويلات المختلفة بين الوحدات الآتية:

(1 لومن / قدم^2 = 10.764 لومن / م^2 = 1 قدم كانديلا

1 لومن / متر^2 = 1 لوكس = 0.093 لومن / قدم^2)

10- معامل الصيانة Maintenance Factor

يعتمد هذا المعامل على المتابعة والصيانة ويتأثر بالنظافة وهو عادة في حدود متباينة تبعا لمكان الاستخدام الضوئي فالمكاتب معاملة 0.8 بينما للورش حيث الأتربة الكثيفة يصل إلى 0.4 كما تظهر درجة الحرارة كمؤثر هام في هذا المجال وخصوصا في المناطق الحارة وهو ما ينعكس على وحدة الإضاءة وما يستلزم من ضرورة الاعتماد على مساعدات لتمرر الحرارة من حول وحدات الإضاءة من أجل تقليل درجة الحرارة ، ويكون الغبار المنتشر في الأجواء وخصوصا تلك القريبة من المصانع الأسمنتية وما يماثلها سببا في خفض شدة الإضاءة مؤديا إلى الحاجة المستمرة للصيانة والنظافة وضرورة الاعتماد على النظم المغلقة من وحدات الإضاءة **covered units** ، ثم يظهر التأثير الآخر وهو الرطوبة والماء في المناطق الممطرة أو تلك المستخدم فيها رشاشات المياه ولذلك يجب أن تكون وحدة الإضاءة مانعة للصدأ ومانعة للتسرب المائي أو الرطوبة عموما وتستخدم في هذا النطاق الألياف الزجاجية ولذلك يجب أن يؤخذ في الاعتبار عند التصميم لهذه الأعمال معامل الصيانة والاستفادة أيضا بأن يرفع إلى القدر المطلوب بالصيغة

$$\text{شدة الضوء بالتصميم} = \frac{\text{شدة ضوء المصدر حسابيا} \times \text{المساحة المنارة}}{\text{(معامل الاستفادة} \times \text{معامل الصيانة)}} \quad (7\text{-}3)$$

11- حد الإبهار Glare Limit

يتحدد هذا الحد بمدى القدرة على الرؤية وبالنسبة للإنسان فإنها الحدود البصرية المعروفة وإلا ما يفوق هذا الحد يصبح في مجال الإبهار ويكون مثيرا لشعور الضجر ويحدث أن ينتج عن احتمالات عديدة في أخطاء التصميم

ثانيا: المصابيح الكهربية Electric Lamps

تتعدد أنواع المصابيح وأشكالها ونظريات عملها والغرض منها ولكنها تشترك في بعض الصفات الأساسية والتي لا غنى عنها عند التعامل معها واختيار الأمثل منها وذلك ينحصر في أهم الخصائص العامة المميزة لها عند المقارنة أيضا وهي:

1- شدة الضوء Luminance

تعتمد شدة الضوء على انتقاء الضوء وهو عادة ما يكون مطلوبا في كل الاتجاهات خصوصا مع القديم منها ولكن ذلك يتناقص بالتقادم ويقل شدة الإضاءة الابتدائية للمصباح الفلوري بعد مرور 10 ساعات تشغيل متواصل في قوى القدرة الإضاءية والتي تتآكل مع الزمن بسبب الفتيل على حائط المصباح ويبين الشكل 3-3 متوسط عمر المصباح وكفاءة بالتقادم فمثلا يفقد 50 % من عمر مصباح الصوديوم ضغط عالي بينما 40 % للمعدن الهاليد.

100

60

الشكل رقم 3-3

عمر المصباح (بالألف ساعة)

10 20

2- الكفاءة الضوئية Efficiency

تعني الإضاءة الناتجة وتقدر بـ 20 % للمصباح الفلوري حيث يستخدم الفقد في الغاز الساخن ولذلك تقدر الكفاءة بالقدرة الداخلية للدائرة.

3- اللون Color

يمثل اللون الضوئي خاصية هامة للمقارنة ولهذا نضع معاملين هما: المعامل الحراري للون correlated color temp (CCT) وذلك المعامل المعروف باسم مؤشر تعبير اللون color rending index (CRI).

4- العمر المتوسط Age

يقدم الشكل رقم 3-4 مدى تأثر عمر المصباح وهو ما يعادل في المتوسط 20 ألف ساعة تشغيل ويعطي الشكل رقم 3-5 تأثير القدرة الضوئية على عمر المصباح.

5- التكلفة Cost

تعتبر التكلفة من العوامل الهامة للمقارنة ويشمل تكلفة المصباح والملحقات بالإضافة إلى تكلفة التشغيل والصيانة وملحقات المصباح من عاكس وملف خانق أو بادئ وغيره.

كما يمكن تقسيم المصابيح إلى النوعيات التالية:

(أ) المصابيح الطبية medical Lamps مثل مصابيح الشمس وتلك القاتلة للجراثيم

(ب) مصابيح مسرحية وسينمائية Theatre Lamps وهي تلك التي تعطي مناطق محدودة وتركيز عالٍ حيث تستخدم العدسات المختلفة وتصنع لمسافات متباينة مثل مصباح الزينون

(ج) مصابيح الوقاية الآلية Protection Lamps مثل تلك المستخدمة في حماية الشبكة والمناطق وغيرها وقد يستعمل ضوء الليزر في هذا الصدد

(د) مصابيح الإضاءة العادية Light Lamps

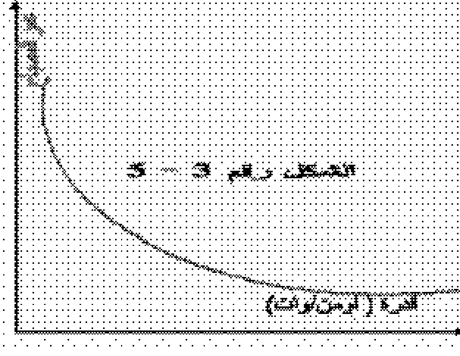
وهي الأكثر شيوعا وهي في الحقيقة نقطة بدورها إليه

النوع الأول: مصابيح الفتيلة Filament Lamp

حيث تعتمد على نظرية التوهج الناتج الضوء خصوصا مع تلك المواد التي تتحمل درجات الحرارة العالية والتي تتضمن كلا من:

1. المصباح المتوهج Incandescent Lamp

في المصباح المتوهج قد تصل درجة الحرارة أحيانا إلى 2400° م. ويحتوي على جميع الألوان بالرغم من تغلب اللون الأحمر والأصفر وتصنع الفتيلة من التنجستن وتوضع داخل كرورة من الزجاج الشفاف مفرغة الضغط



2. مصباح التنجستن – هالوجين Tungsten – Halogen Lamp

حيث يدخل فيها بخار التنجستن ويترسب مع الاستعمال والتشغيل ويترسب على الجدار الداخلي ولذلك يضاف النيتروجين والأرجون فيها للتغلب على هذا الأمر

3. مصباح القوس الكربوني Carbon Arc Lamp

يصنع مصباح القوس الكربوني للغاز المستمر أو المتردد وعادة ما تكون الفجوة التي يحدث بها التفريغ في حدود 3 - 6.5 سم

النوع الثاني: مصابيح التفريغ الغازي Gas Discharge Lamps

هذا النوع متباين ومتعدد وهي تنقسم إلى نوعين منها:

(أ) مصابيح ذات مستوى إضاءة متوسط Normal Level

1- المصباح الفلوري Fluorescent Lamp

(ب) مصابيح عالية شدة الإضاءة High Level

تتنوع هذه المصابيح على نطاق واسع ومنها ما يلي:

1- مصباح الصوديوم Sodium Lamp

2- مصباح الزئبق Mercury Lamp

3- مصباح الهاليد المعدني Metal Halid Lamp

بعد هذا التحديد لأنواع المصابيح ننتقل إلى الصفات الفنية والهندسية التي تتعلق بها في إطار موجز.

3-2: مصباح الفتيلة Incandescent Lamp

هذا النوع من المصابيح يعتمد على مرور تيار كهربي في فتيلة معدنية مسببا توهجها لتصدر ضوءا بجانب هذه الحرارة العالية نتيجة لتحرير الالكترونات من مداراتها فتصبح حرة، ولما كانت الفتيلة تصل عند درجات الحرارة المرتفعة كي تصدر الضوء فكان لزاما أن تصنع من مادة غير سريعة الانصهار، ولذلك كانت مادة التنجستن هي المناسبة لمثل هذه الظروف ويضاف في زجاجة المصباح غاز خامل تحت ضغط جزئي منخفض ليعمل على تبريد الفتيلة مرتفعة الحرارة من جهة ويمنع عنها التفاعلات الكيميائية فيحميها من الصدأ من الجهة الأخرى ويجب أن تكون الفتيلة قادرة على الإشعاع ولها مقاومة مناسبة لهذا التشغيل (الشكل رقم 3-6).

الشكل رقم 3 – 6

من طبيعة هذا النوع أن الضوء وما يصدره من أشعة مرئية والصادر عن التوهج، يغلب عليه اللون الأصفر والأحمر بينما يحتوي على الألوان الأخرى بمعدلات ضعيفة مثل اللون الأزرق والأخضر مثل ضوء النهار مسببا الزيادة الحرارية المعتادة والتي تصل إلى 2300 درجة كلفن ، ولأنها أول المصابيح التي عرفت في التاريخ فعمرها أصغر من غيره) من الأنواع الأحدث حيث يتراوح بين 100 و 2000 ساعة تشغيل وتعتمد الفتيلة على كمية الحرارة المفقودة بالإشعاع لأن الانتقال الحراري ضئيل ويهمل.

أن التصنيع الحالي لمادة الفتيلة يحتوي على قليل من الألومنيوم أو البوتاسيوم أو السليكون مع تنجستن لأن هذه الإضافة تزيد من صلابتها الميكانيكية ويظهر من الشكل أن مادة تنجستن تشع فقط 75% من الإشعاع الكلي للجسم

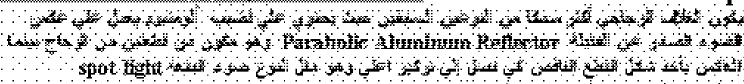
الأسود لنفس درجة الحرارة وبزيادة هذه النسبة كلما ارتفعت درجة الحرارة هذه حيث تبدأ الأجزاء القائمة في هذه المصابيح حتى مع لحظة بدء تشغيل المصباح لأن الفتيلة تكون تيارا بمعدل 14 مرة مثل التيار العادي أثناء من التشغيل ويحدد عمر المصباح (الشكل رقم 2-7) من هذا النوع عن طريق تشغيل فرق الجهد عليها (جهد تشغيلها) ولكن هذا يصاحبه كفاءة أعلى للون الأحمر والأصفر للون على كفاءة الألوان بها وما ينتج ذلك من قلة شدة الإضاءة وكفاءتها الكلية وهما المعاملان المرتبطان بقيمة الجهد بين طرفي المصباح على النقيض مع معامل عمر تشغيلها، كما أن درجة الحرارة العالية تساعد على تقليل عمر المصباح من هذا النوع تتميز هذه المصابيح بالثمن المنخفض بسبب عدم الحاجة لمعداتها وسهولة تغييرها وتركيبها والأمان في التعامل معها ولا تلزمها أية ملحقات إضافية مثل المحولات أو المكثفات أو بادئ التيار أو أي من أدوات التحكم في الجهد أو التيار وغالبا ما تنصهر الفتيلة بانتهاء عمر المصباح

أولا: أنواع مصابيح تنجستن

تتنوع هذه المصابيح حسب الشكل الخارجي تبع المواصفات القياسية في أسلوب هندسي كما يلي:

النوع الأول: المصباح شكل A

هو المصباح القياسي المعروف والذي يعطي الضوء في كافة الاتجاهات ما عدا جهة التثبيت مثل المصابيح المستخدمة في المنازل.



النوع الثاني: المصباح شكل R

يصاحب هذا النوع عاكس سطحي داخلي من الألومنيوم يعمل على توجيه الضوء في اتجاه واحد للخارج وبذلك تكون الكفاءة الضوئية أعلى من السابق ويرتفع ثمنها عن سابقه ويعتمد شكل الضوء الصادر على نمط وشكل العاكس الداخلي

النوع الثالث: مصباح القطع Par Lamp

يكون الغلاف الزجاجي أكثر سمكا من النوعين السابقين حيث يحتوي على عاكس ألومنيوم يعمل على عكس الضوء الصادر عن الفتيلة Parabolic Aluminum Reflector وهو مكون من قطعتين من الزجاج بينما العاكس يأخذ شكل القطع الناقص كي تصل إلى تركيز أعلى وهو مثل النوع ضوء البقعة spot light

النوع الرابع: المصباح البيضاوي ER Lamp

يأخذ العاكس الشكل البيضاوي في بؤرته الداخلية الفتيلة بينما له بؤرة خارجية لتلتقي مع الأشعة المنعكسة من العاكس الداخلي (فتيلة وهمية) فتعمل على توزيع الضوء بكثافة عالية وهي قريبة الشبه من النوع R ولذلك يقل الفقد كثيرا فيه.

النوع الخامس: مصابيح الديكور

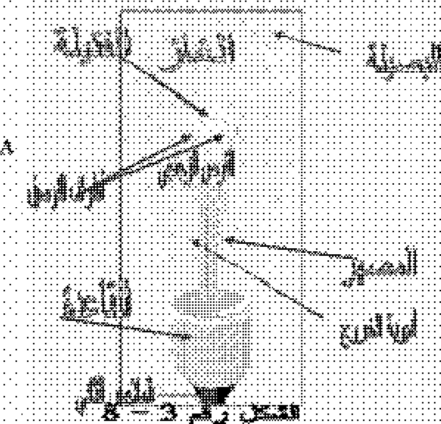
) أحيانا يتغير من شركة صانعة إلى أخرى ولكنها جميعا تتحد G و T , Fنوضح هنا أن المسميات للمصابيح بالحروف (
في الصفات العامة بالرغم من تباين الصانع، وتستخدم هذه النوعيات في أعمال الإضاءة الخاصة

فالنوع F يستخدم في أعمال التبليط والنوع T يصلح لوحدات الإضاءة الطويلة مثل التماثيل وواجهة المباني أو الصورة المناسبة للوحات الفنية. أما النوع G فهو يناسب الأشكال الكروية.

النوع السادس: مصباح عالي الكفاءة *High Efficiency Incandescent*

هو الطراز الحديث من نوعية المصباح المتوهج ويستعمل بكفاءة في كافة الأعمال الصناعية والمنزلية ويتميز بقلة استهلاك الكهرباء.

ثانيا: أحجام المصابيح Size



الشكل رقم 3 – 8

المصابيح ذات الفتيلة يتحدد حجمها من خلال القدرة المستهلكة (watt) ومضروبه الرقم 8/1 بوصة تعني أن المصباح القياسي (100 19) يستهلك 100 وات وهي من نوع A ويصف قطرها (8/1 x 19 = 2.375 بوصة. يأتي هذا المصباح أيضا حتى تقلل أسطح متفرقة تقلل من الإبهار الضوئي الناتج عن الضوء الشديد الصادر من الفتيلة حيث تطلى بالسليكون أو بطبقة تحت الضغط عليها من الخارج تقلل الحرارة وتحمي الزجاج من الشروخ ومن التشقق عند انكسارها وتسمى هذه المصابيح ذات الأداء الخاص باسم rough duty كما توجد أيضا أنواع مقاومة للاهتزاز وتسمى المصباح في هذه الحالة مقاوم للاهتزازات Vibration Resistance ويمكن تصنيع هذه المصابيح عند درجات حرارة مختلفة لأغراض التصوير كما يمكن إنتاج مصابيح خاصة تنتج كميات هائلة من الضوء تستخدم للعرض Projection. هناك مصابيح الأشعة تحت الحمراء ذات الطول الموجي الكبير والتي تنتج حرارة يمكن توجيهها مثلما يوجه الضوء وهي ذات عمر طويل المدى عمرها الافتراضي حوالي 5000 ساعة فقط، وهناك أيضا مصابيح النمو الخاصة Grow Lamps التي تعمل على تغيير الطيف المرئي حتى تنمو النباتات بشكل أفضل. هذا النوع من المصابيح له استعمالات عديدة كما يمكن تصنيعها بطرق خاصة لتخدم أغراض معينة مثل: استعمالها في مصايد الذباب والحشرات وهو استعمال خاص بالطول الموجي والطيف المرئي للضوء الناتج عن هذه المصابيح. فيركب أحيانا مرشح ضوئي Filter خاص يزيل جانبا من الطيف المرئي لسيطرة ألوان أخرى تجذب الحشرات وهناك أنواعا منها ذات مرشح للاستخدام في حالات خاصة مثل التصوير السينمائي والتحميض الفوتوغرافي. وقد بدأت هذه المصابيح بأسلوب التفريغ التام لمنع الأكسدة وترسيب البقع السوداء على الجدار الداخلي (ظاهرة التسويد)، إلا أنه بخلط الغازات المتباينة تحسن الأداء.

ثالثا: الملحقات Accessories

تشمل الملحقات كل ما يتعلق بالمصباح ويكون لازما للتركيب أو التشغيل ومن ثم نضع أهم هذه الملحقات على النحو التالي:

1- الحاملة Holder ومنها نوعين هما الزنقية (القلووظ) أو مسمار حيث تثبت فيه المصباح ومن كل من النوعين يوجد مقنن عادي ويمتد إلى جانب تلك الأنواع غير المناسبة للتصميمات خاصة.

2- العاكس Reflector وهو ما يدخل في التصميم لحساب شدة الإضاءة الكلية والتي تتضمن كلا من الضوء الأصلي بجانب ذلك المنعكس من العاكس المستخدم وذلك منه نوعان هما المرايا mirror وكذلك السطح المصقول glossy surface بمادة شديدة العكس للضوء ويستخدم في هذا المجال كلا من الفضة والألومنيوم حيث أصبح من الممكن معالجة هذه الأسطح لتعكس موجات ضوئية ذات طول موجي محدد وتسمى هذه النوعية باسم عاكس التوهج decor reflector فمثلا لتسليط الضوء على لوحة فنية تتأثر من الحرارة يمكن التعامل مع عاكس لا يعكس الأشعة دون الحمراء أي يكون قادرا على امتصاص هذه الموجة الحرارية وتكون قد تخلصنا من الضرر الناشئ عن الضوء.

3- نظم العدسات الضوئية Lens System وهي النظم المتقدمة في مجال الإضاءة حيث تستخدم العدسات للتركيز الضوئي والحصول على ضوء شديد سواء في بقعة أو نقطة أو على طول مسار معين وقد ظهرت الكشافات المسرحية نتيجة لذلك ومنها مصباح الضوء الغامر flood light، ويعتبر هذا أن تجمع المصابيح هذه في تصنيف لكل مكوناتها كما في الشكل رقم 3-8 والذي يظهر مكوناته المختلفة وهي:

الشكل رقم 3 – 9

90

240

162

190

1- البصيلة الزجاجية Bulb
تصنع من الزجاج الشفاف ضد الحرارة ويأخذ أشكالا متباينة حسب الغرض من الاستعمال.

2- الغاز داخل المصباح Gas
هو خليط من النيتروجين 10% والأرجون 90% للمصباح قدرة 40 وات فأكثر.

3- الأسلاك المعدنية Support Wires
هي الأسلاك المثبتة في قواعد زجاجية داخلية في البصيلة لربط مع الملف من التصدعات داخل المصباح لمنع تأثير الصدمات والاهتزازات المحتملة.

4- مركز تثبيت الأسلاك المعدنية Button
هو عامود زجاجي تحوي يثبت المساند المعدنية إليه أثناء عملية التصنيع.

5- عامود زجاجي Button Rod
هو عامود زجاجي يثبت به مركز تثبيت المساند المعدنية.

6- عاكس حراري Heat Reflector
هو المستخدم في المصابيح ذات القدرات العالية لضمان توزيع النقاط الساخنة ومنعها من الظهور داخل المصباح.

7- المصهر Fuse

هو لحماية المصباح من زيادة التيار به لأية أسباب خارجية

8- الفتيلة Filament

تصنع من تنجستن على شكل ملف كهربي لرفع الكفاءة الضوئية

9- أطراف التوصيل السلكية Lead In Wires

لها جهتين يتم توصيل جهة مع الملف من تنجستن والجهة الأخرى مع أطراف الخروج من المصباح وفي الشكل تظهر أطراف الخروج وهي نقاط التلامس مع الدواية لتوصيل الدائرة الكهربية لها وتصنع من النحاس المطلي بالنيكل أو سبيكة منهما.

10- أسلاك ربط Tie Wires

هي لازمة لربط أطراف التوصيل المعدنية معا للاهتزاز.

11- القرص الزجاجي Stem Press

هو ضروري لتثبيت نهائي أطراف التوصيل السلكية إلى الخارج مع القاعدة وتصنع من سبائك لها ذات معامل التمدد الحراري لذات الزجاج.

12- أنبوبة الخروج Exhaust Tube

إنها من الأجزاء الأساسية حيث يخرج منه الهواء أثناء عملية التصنيع ومن خلالها تتم عملية التفريغ المطلوبة.

13- القاعدة Base

هي إما قلاووظ أو مسمار وتعتبر الطرف الملامس الأول في حالة القلاووظ بينما يكون الطرف الثاني للتلامس في منتصفها من أسفل كما هو موضح على الرسم ويعيب هذا الطراز ارتفاع درجة الحرارة والتي نراها في الشكل رقم 3-9 حيث التوزيع الحراري لوضع المصباح أفقيا أو رأسيا سواء القاعدة كانت إلى أسفل أو إلى أعلى وجميع درجات الحرارة محددة على الرسم بالدرجة المئوية وكلها معطاة من نتائج قياسات عملية عن مصباح بقدرة 100 وات وارتفاع الحرارة يزيد من احتمالات الحرائق خصوصا مع مجاورة أي من المواد القابلة للاشتعال كما يقلل من عمر المصباح ويتميز هذا المصباح بما يلي:

1- لا يتأثر بدرجة حرارة الجو المحيط

2 - سهولة التحكم في المصباح

3- بساطة التحكم في شدة الضوء الناتج منه

4- أمانة كاملة في نقل الألوان

كما أنه لفتيلة بطول l وقطر d ومقاومة نوعية ρ تخضع لمعادلة الاتزان الحراري:

القدرة في الفتيلة = المقاومة × مربع التيار = القدرة المشعة (8-3)

هو ما يعني

$$e k \pi d l (T_1^4 - T_2^4) = 4 \rho l I^2 / \pi d^2$$

$$I = \pi d / 2 \{ e k (T_1^4 - T_2^4) / \rho \}^{1/2} \quad (3\text{-}9)$$

3-3: المصباح تنجستن هالوجين
Tungsten Halogen Lamp

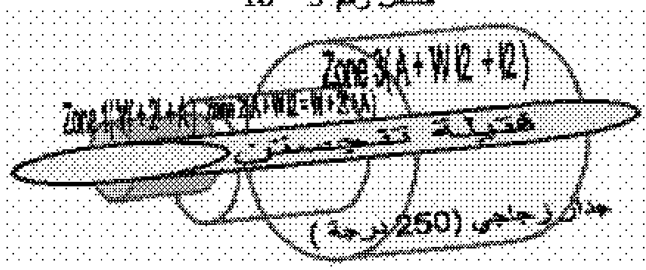
هذا النوع هو الأحدث من بين جميع المصابيح التي تعمل بالفتيلة إلا أن كمية الحرارة المتولدة منه أكبر من النوع السابق (تنجستن) ولذلك يجب أن يتحمل جدار الأنبوبة درجات الحرارة العالية والضغط المرتفع، وتتكون من الزجاج به الفتيلة وبداخلها غاز خامل إضافة إلى كمية صغيرة من أحد الهالوجينات (مثل اليود أو البروم). عندما يسري التيار في الفتيلة التي تسخن وترتفع درجة حرارتها فيبدأ تبخر تنجستن من الفتيلة المتوهجة فتتحد جزيئاته مع جزيئات الهاليد (ولنفترض اليود)مكونة يوديد تنجستن مثلا وتمنع درجة الحرارة العالية للغلاف (الأنبوبة الحاوية للفتيلة) جزيئات اليوديد من الترسب على جدران الأنبوبة فترتد إلى الفتيلة مرة أخرى ولكن بسبب الحرارة العالية جدا فإن هذه الجزيئات تتفكك مرة أخرى إلى تنجستن وهاليد حيث يترسب الهاليد على الفتيلة مرة أخرى فلا يضيع شيء من مادة تنجستن وتعرف هذه العملية باسم " دورة استرجاع تنجستن " والتي من خلالها ،من الناحية النظرية ، يتبين أن عمر المصباح لا نهائي وهذا غير صحيح بالرغم من عدم فقدان في تنجستن بينما يترسب تنجستن على محور الفتيلة خلال دورة استرجاع تنجستن بصورة غير منتظمة على كافة أجزائها حيث يزيد الترسيب على الأجزاء الأكثر برودة منها فتنتج البقع الساخنة والمسببة في احتراق الفتيلة مع الزمن وتكرار هذا الترسيب ، ولهذا نجد أن هذه الدورة لها المزايا التالية:

1- التخلص التام من ظاهرة التسويد تلقائيا (كما هو مبين في الشكل 3-10) مما أدى إلى صغر حجم غلاف المصباح الزجاجي إلى 90 % من حجم المصباح المتوهج له القدرة نفسها .

2- التمكن من زيادة ضغط الغاز داخل المصباح والذي يصل إلى 3 أمثال ضغط المصباح العادي السابق نتيجة للصلابة الميكانيكية العالية لمادة الكوارتز المستخدمة.

3- إمكانية ملء الغازات الأخرى مع الهالوجين حيث تستخدم مادة خاملة خاصة ذات كثافة أكبر من غاز الأرجون (مثل الكربتون والزينون).

الشكل رقم 3 – 10



أولا: المزايا Advantages

تتميز هذه النوعية بعدد من النقاط نحددها موجزة فيما يلي:

1- تصلح هذه المصابيح للإضاءة العالية مع الأمانة في نقل الألوان المضاءة ولذلك فهي الأفضل في الإضاءة المسرحية وأجهزة التصوير السينمائي بالإضافة إلي الكشافات المستخدمة في السيارات مثل المصابيح Flood Light كما تستخدم في إضاءة المخازن والملاعب الرياضية ووسائل نقل التليفزيون الخارجية ونراها عاملا مؤثرا في عروض الصوت والضوء بالهرم مثلا.

2- تستهلك قدرة كهربية صغيرة لإعطاء الإضاءة العالية.

3- زيادة عمر المصباح عن مثيله من المتوهج تنجستن فقط حيث يربو عمر هذا المصباح في المتوسط عن 2500 ساعة

4- زيادة الكفاءة الضوئية بنسبة تصل إلي 50 % نتيجة عدم تراكم مادة الترسيب

5- الغاز المستخدم ذو ضغط منخفض ومقاومته المستخدمة لها درجة حرارة انصهار مرتفعة ذات مقاومة نوعية عالية بجانب المرونة في التشكيل والقدرة علي التغلب علي الاهتزازات

نظرا لهذه المزايا والتمكن من إطالة عمر المصباح إلي ضعف عمر المصباح ذو الفتيلة (2000 ساعة) فقد زادت قدرته الضوئية إلي 21 لومن /وات مع ألوان أفضل (Good Color Rendering) ولا تزال هناك صعوبات تقنية تحول دون إنتاج مصابيح تنجستن – هالوجين لها قدرة أقل من 300 وات لاستخدامها في الإضاءة المنزلية.

ثانيا: الاحتياطات Requirements

هناك عدد من التعليمات الهامة للتعامل مع هذا النوع من المصابيح ونفرد لها النقاط الآتية:

1- عند تعليق أو تثبيت هذا المصباح يراعي أن لا يقل التوجيه عن ±4° مع المستوي الأفقي لأنه إذا كان أكبر من ذلك سيسرع بحدوث ظاهرة التسويد عن الطرف السفلي من المصباح مما يساعد في سرعة احتراق الفتيلة وقصر عمر هذا المصباح.

2- يجب الحذر عند لمس المصباح وهو ساخن ليس بسبب الحرارة الشديدة فقط ولكن كي لا ينفجر بسبب الضغط المرتفع داخله وهو في هذه الظروف عرضة للانفجار فعلا مما يجعل شظايا الأنبوبة تتطاير ولهذا يوضع لوح زجاجي أمام هذه الأنبوبة لمنع الشظايا من التطاير عند انفجارها وأحيانا توضع الأنبوبة الأصلية داخل أخري لمزيد من الحماية.

3- ممنوع لمس المصباح الساخن (يسمي عادة بالشمعة) باليد المجردة الباردة ويلزم تنظيفها بمحلول خاص في هذه الحالة.

4- يجب ألا يقل الجهد عن 95 % من الجهد المقنن.

5- يلزم ترك فراغ مناسب لسهولة التهوية حول المصباح .

6- يجب وضع السطح (الجسم المطلوب إضاءته) أقرب ما يمكن من المصباح.

7- يوضع المصباح علي ارتفاع لا يقل عن 2.5متر من الأرض.

8- تصنع هذه المصابيح من الزجاج الكوارتز لتتحمل الكثافة الحرارية العالية نتيجة انخفاض معامل التمدد للزجاج

ثالثا: اختيار الهالوجين Gas Choice

تتعدد أصناف المصابيح الكهربية العاملة بالهالوجين ومن أهم هذه الأنواع يتواجد ثلاثة أصناف وهي الأكثر شيوعا من هذا النوع هم:

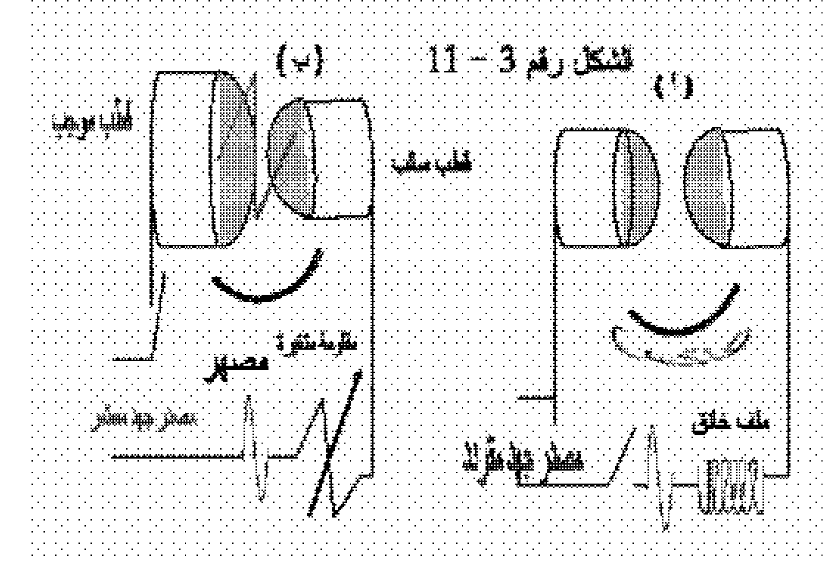
النوع الأول: مصباح (تنجستن - يود)

عمر هذا النوع يزيد عن 1000 ساعة في المتوسط حيث درجة انصهار اليود هي 113 مئوية تقريبا ونقطة غليانه 183 وضغط بخاره هو 0.3 ,49 فقط عند درجة حرارة المحيط المعتاد وهو 25 م.

النوع الثاني: مصباح البروم

هذا المصباح والمشابه له يحتاج إلى 1500 م ويحتاج انخفاض بعض النقاط على الفتيلة عن الحد المطلوب وهو 1500 مئوية خصوصا وأن البروم في حالة سائلة عند 25 م ويغلي [illegible] الانصهار والغليان هما – 7.3 و 58.2 على التوالي وضغط البخار هو 30800 مقارنة مع السابقة وهو يقتصر على ميزة بسهولة التصنيع [illegible] امتصاص الضوء [illegible] كما أن دورة الاسترجاع قد [illegible] مدى أطول من 200 حتى 1100 م تقريبا.

النوع الثالث: مصباح الفلورين



الشكل رقم 3 – 11

هو النوع الذي يزيد عمره الافتراضي ويتميز بتنظيف البقع الساخنة على الفتيلة ولكنه عند درجة حرارة عالية أكثر من 400 درجة تتفاعل فيه المادة بسرعة مما يسرع من عملية التسويد المتسببة في تقصير عمر المصباح. إضافة

إلي أن كمية الفلورين اللازمة للتفاعل صغيرة جدا وتتراوح في حدود 40 ميكرو جرام لمصباح حجمه 1 سم3 كما أن الفلورين يهاجم أسلاك التوصيل داخل المصباح بصفة دائمة مما يؤدي إلي تآكلها زمنيا.

3-4: مصباح الفتيلة الكربونية *Carbon Arc Lamp*

تحتوي المصابيح الكربونية علي فتيلة من السليولوز بعد معالجتها كيميائيا بأسلوب خاص فتتحول إلي كربون وللفتيلة شكل حلقي وتبلغ درجة حرارتها 1800 ° م وفي التوهج تتأثر ذرات الكربون فترحل من الفتيلة إلي الجدار الزجاجي الداخلي مكونة طبقة ماصة للضوء تزيد مع الزمن وهذا يزيد من مقاومة الفتيلة زمنيا فتقل شدة التيار وبالتالي شدة الضوء وهذا من أكثر العيوب فيه لكونها غير اقتصادية، ومعدل الكفاءة هو 3.6 لومن / وات ويستخدم علي نطاق واسع في العديد من التطبيقات مثل فلاش الكاميرا والكشافات العارضة projectors وفي البحث عن الضوء في دوائر التحكم والأمان الكهربي، ويظهر منه نوعان هما:

النوع الأول: مصباح قوس التيار المتردد

هذا النوع قد ورد في الشكل رقم 3- 11(أ) حيث يبين أن قطبي المصباح متماثلين بينما القوس الكهربي يحدث علي ثغرة هوائية في حدود 3 - 6.5 مم ويمكن زيادة كفاءة هذا المصباح بوضع عاكس ضوئي في مواجهة الشرارة لتوجيه الضوء في الإتجاه المطلوب.

يستخدم هنا ملف كابح للتيار من أجل اتزان الدائرة وتوزيع الجهد بالتماثل مع أجزاء الدائرة، والدائرة تحتاج إلي مصهر مع المفتاح كما هو موضح علي الرسم كوسيلة للوقاية ضد زيادة التيار داخل المصباح كما يغلف المصباح غلاف زجاجي مضاد للحرارة ويكون المقنن لجهد المصباح هنا في حدود 55 - 50 ف ويستعان به في آلات العرض السينمائي.

النوع الثاني: مصباح قوس التيار المستمر

حيث يلاحظ من الرسم (الشكل رقم 3- 11 ب) أن القطب الموجب الكربوني ضعف نظيره السالب من حيث الحجم بخلاف ما كان بالنسبة للتيار المتردد لأن القطب الموجب يتآين أسرع وأكثر من السالب فيتآكل أسرع من السالب وكي يتساوي العمر فيجب أن يتضاعف حجم القطب الموجب وهو ما ينتج حوالي 85 % من الضوء الكلي، ويوضع أيضا مصهر علي خطي التغذية الكهربية بعد المفتاح لحماية المصباح من زيادة التيار عن المقنن وللمصباح غلاف زجاجي واقي من الشرارة ويحسن لأداء المصباح ونستخدم في الدائرة هنا مقاومة بدلا من الملف في حالة التيار المتردد للحفاظ علي اتزان الدائرة والتحكم فيها ويتم تغذية هذا المصباح علي 40 - 50 ف وتصل درجة حرارة القطب السالب إلي 2500 ° م للحصول علي ضوء 5 % بينما ترتفع حرارة القطب الموجب فوق هذا الحد وللحفاظ علي طول القوس الكهربي ثابتا يكون التحكم يدويا أو آليا حسب الأحوال. الضوء عموما ينتج عن الأشعة المرئية حيث لكل طول موجي يوجد معامل حساسية نسبية K_λ وبالتالي تصبح الطاقة المرئية E_λ لطول موجي λ ولتواجد العديد من الموجات تتحدد الطاقة المرئية E_λ K_λ بالصيغة

$$E_{visual} = \int_{K_{min}}^{K_{max}} K_\lambda \, E_\lambda \, d\lambda \qquad (3\text{-}9)$$

بينما الطاقة الكلية الناتجة عن كل الموجات معروفة وهي

$$E_{total} = \int_{0}^{\infty} E_{\lambda} \, d\lambda \qquad (3\text{-}10)$$

بذلك نحصل علي الكفاءة الضوئية في الصورة (الشكل رقم 3-12):

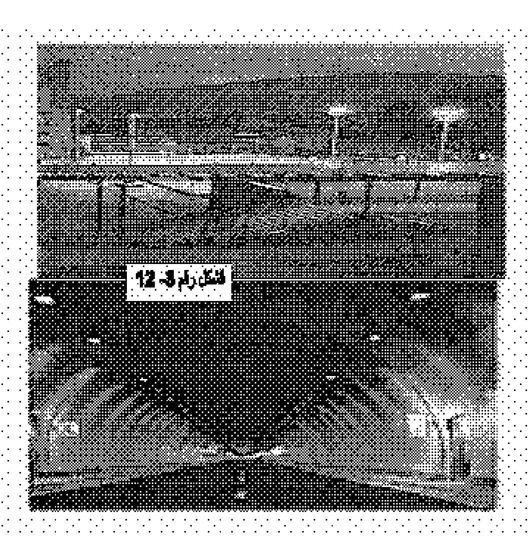
$$E_{total} = \int_{K_{min}}^{K_{max}} K_{\lambda} \, E_{\lambda} \, d\lambda \;/\; \left(\int_{0}^{\infty} E_{\lambda} \, d\lambda \right) \qquad (3\text{-}11)$$

نجد الضوء المطلوب قد يتبع العلاقة:

الضوء المطلوب (لومن) =

$$= \frac{\text{المساحة} \times \text{الكفاءة} \times \text{معامل الفقد الضوئي}}{\text{معامل الاستفادة} \times \text{معامل الاستهلاك}} \qquad (12\text{-}3)$$

يعبر أيضا معامل الفقد الضوئي عن التداخل الضوئي عند استخدام أكثر من مصدر ضوئي خصوصا عند تعددها وهو يعادل 1.23 للتوزيع الضوئي المتجانس وقد يصل إلي 1.5 للتوزيع غير المتجانس مثل الآثار والتماثيل التي تحتاج إلي انعكاسات وظلال علي المحاور الفراغية.



الشكل رقم 3- 12

إنارة الطرق STREET LIGHTING

يعتبر المسكن هو العامل المسيطر في المدينة, وليس من الصحيح أن تخطط المدينة مع بنائها أو تطبق لائحة التخطيط بعد أن تأخذ المدينة شكلها النهائي, ولا يمكننا تحسين البيئة الحضرية بالكامل في غيبة من الاهتمام بالإسكان ولهذا أصبح الإسكان هدفا واضحا في بؤرة الانتباه ويشكل هدفا جماليا وإجتماعيا وإقتصاديا. من أجل التوصل إلى وضع منحنيات الأحمال المنزلية ولكي تكون أقرب ما يكون للواقع يلزم تقدير المساحة المطلوبة للإسكان وتحديد كثافة السكان والإسكان وهي عبارة عن عدد السكان أو الوحدات السكنية في الفدان, والكثافة نوعان هما :

1- الكثافه الصافيه Pure Density

هي نسبة السكان أو الوحدات السكنية إلى المساحة المخصصة للإسكان وهي نسبة مهمة من أجل توفير الإضاءة والتهوية الطبيعية ونفاذ أشعة الشمس إلى داخل المسكن, وكذا توفير الهدوء والخصوصية والمساحات المفتوحة والأمان والشعور العام بان المكان مفتوح طلق وغير مزدحم بالمباني وجميل.

2- الكثافه العامه General Density

هي التي يدخل فيها مساحات الاستعمالات الأخرى كالخدمات العامة والطرق والمدارس والحدائق, وهي تهدف إلى توفر المساحات المطلوبة للخدمات العامة المطلوبة للسكان.

تعاني دول العالم النامي من أزمة هامة في الإسكان مما دعانا إلى التعامل مع إنشاء المدن الجديدة . وتظهر الأزمة السكانية في:

1- عدم استيفاء الوحدات السكنية للاحتياجات الحقيقية للسكان.
2- عدم توافق التكلفة والنوعية وحجم الإسكان مع تلك الاحتياجات.
3- التدهور السريع وقصور المرافق والخدمات الأساسية والتكميلية للإسكان.

للتغلب على هذا الوضع نحتاج إلى:

أ) النظرة الشمولية للإسكان بما يساعد على اختيار الإستراتيجية الأمثل والأنسب للمجتمع وتشمل:

1- التخطيط الإستراتيجي.
2- تحديد أهداف وسياسات الإسكان وما يقترن بها من أولويات.
3- استخدام الموارد البيئية المحيطة وتخطيط البيئة وتصميمها.

ب) سرعة علاج المشكلة بتشريعات مناسبة من أجل:

1- الإشراف على إقامة المباني لتوفير مقتضيات الأمة والأمان والصحة العامة.
2- إضفاء الناحية الجمالية على المنشآت المعمارية والمناطق السكنية.
3- المواصفات الفنية للمواد والتقنيات المستخدمة داخل المدينة.
4- توفير وسائل الإضاءة, التهوية, والوقاية من أخطار الحريق بجانب توفير بقية المرافق بكفاءة عالية.

في الدول الصناعية يوجد قانون المباني الذي يهتم بسلامة وأمن المباني المنفصلة عن قانون الإسكان الذي يهتم بالنواحي الصحية, أما في كثير من الدول النامية يتم ضم التشريعات في قانون واحد يعرف عادة بقانون المباني وقد يضم أيضا تنظيم خطوط الشوارع وبعض المعايير المتعلقة بالنواحي الجمالية, ومن ثم يكون الإهتمام بالطرق ضروريا وهو ما يدخل في نطاق الأحمال الكهربية قياسيا وفعليا.

يؤثر التخطيط على الاقتصاد بشكل مباشر فعلى سبيل المثال تتأثر تكاليف توصيل خطوط المرافق العامة من مياه ومجاري وكهرباء بقرب أو بعد مواقع الصناعة عن هذه الخطوط الموجودة أو المقترحة وبالتالي فأن تخطيط

مواقع الصناعة بالقرب منها يقلل من مصروفات المدينة على إنشاء خطوط خاصة لهذه الصناعة. كما أن المناطق ذات الكثافة السكانية المنخفضة تحتاج إلى إنشاء شبكات طويلة من الشوارع والمرافق العامة لتخدم عددا قليلا من السكان مما يرفع من أسعار هذه المناطق.

4-1: خصائص التفريغ الكهربي في المصابيح

Performance of Electric Discharge

حتى نستطيع إنارة الطرق بالضوء المناسب لا بد وأن نتعرف على التنوع المختلف للطرق واستخداماتها وأحمالها داخل المدن ومن هنا نضع الموضوع ككل في النمط التالي.

المحور الأول: الطرق داخل المدن Streets Inside Cities

تنقسم شبكة الطرق داخل المواقع السكنية إلى الأنواع الآتية:

1- الشوارع العمومية (التجمع) Collecting Streets

إن الشوارع العمومية هي تلك الطرق والطرقات الأساسية التي تتحمل عبء المرور من الشوارع السكنية الصغيرة داخل الموقع السكني إلى الشوارع الشريانية التي تحمل المرور بدورها بين المجاورات والأحياء وتشمل شوارع التجمع Collecting كل مداخل الشوارع السكنية الهامة بالمدينة بجانب شوارع الحركة داخل التجمعات السكنية ويبلغ بحر الطريق حوالي 60 – 80 قدم.

2- الشوارع الصغيرة Small Streets

تستخدم هذه النوعية من الشوارع والتي تعرف باسم الشوارع الصغيرة كمداخل للمساكن داخل الموقع السكني ويبلغ بحر الطريق عادة حوالي 50 – 60 قدم كما أنها تتزايد عددا نسبة إلي شوارع التجمع.

3- الشوارع المغلقة Closed Streets

الهدف من تصميمه هو تقليل المرور العابر داخل المناطق السكنية وهو طريق ينتهي بنهاية دائرية أو مستطيلة تسمح بدوران السيارة في الغالب لا يزيد طوله عن 75متر حتى يحقق الفكرة الأساسية من عدم وجود المرور العام العابر والسريع. أما عيوب هذا النوع فتنحصر في انه طريق مسدود إمام عربات الحريق والإسعاف والطوارىء.

4- الطرق الدائرية (الحلقية) Circular Roads

يختلف هذا النوع عن النوع السابق في انه مرورا مستمرا لاغيا ضرورة الرجوع إلي الخلف. وهذا يحقق إمكانية وصول وسائل الإغاثة الطارئة مثل المطافيء والإسعاف ووصول الخدمات العامة. كما انه يمتاز بان له نفس التأثير في وضع المرور العابر مثل الطريق الدائري بمدينة القاهرة أو المحور الدائري بالمدن والعواصم الكبرى.

5- ممرات المشاة Walking Crossing

إنها تنقل حركة السكان إلى المدخل المباشر لمساكنهم وتنقل حركة المشاة بين المساكن وبعضها ومباني الخدمات داخل الموقع السكني.

العرض المناسب لمسار المشاة هو 3أقدام، لذلك فان أقل عرض بكامل الممر هو 6أقدام حتى يسمح لشخصين بالمرور في وقت واحد (واحدا في كل إتجاه).

هناك الشروط الواجب توافرها في تخطيط شبكة الطرق والشوارع بالمدن وهي:

1- عدم استقامة المسافات طويلة لمنع السرعات الكبيرة عليها.

2- تدرج عروض حارات المرور وممرات المشاة حسب كثافة ونوع المرور عليها وتكون مطابقة لقوانين أجهزة الحريق.
3- كثافة الإشارات وخطوط الرؤية عند التقاطعات.
4- فصل مرور العربات والمركبات عن مرور المشاة.

المحور الثاني: الإضاءة Illumination

نتناول الإضاءة بشكل عام وشروطها الفنية دون تحديد الإضاءة لكل من هذه الأنواع العديدة من الطرق والسابق التنويه عنها، ويعتبر الضوء الناتج عن التفريغ الغازي من خلال المرور الكهربي داخل الغاز من الظواهر المصاحبة لعملية التفريغ الكهربي ذاته حيث انبعاث الإلكترونات الحرة بغزارة بطاقة عالية خصوصا داخل أبخرة بعض الغازات معدنية الأصل عند الضغط المنخفض حيث تظهر الموجات الطيفية من بعض الغازات مثل النيون فيصاحبها موجات الطيف ما بعد البنفسجي بطول 740 أنجستروم والليون البرتقالي بطول 5400 وحتى 7000 وما يصاحبها من لون أحمر ويظهر هذا جليا في لوحات الإعلانات الضوئية ولذلك تظهر عملية اختيار الغاز المناسب من أهم العوامل المؤثرة في الضوء الناتج عن التفريغ الكهربي داخل مصابيح التفريغ الكهربي، ويكون مناسبا تحويل الضوء غير المرئي إلى الطيف المرئي فمثلا يتحول الطيف فوق البنفسجي إلى المجال المرئي كما هو الحال مع بخار الصوديوم وهناك أسلوب آخر لتحويل الأشعة ذالاستعانة ببخار الزئبق بالخلط مع مادة فلورية تضيء للضوء.

جدول رقم 4-1: الضوء الناتج عن الغازات التي تستخدم في الإضاءة

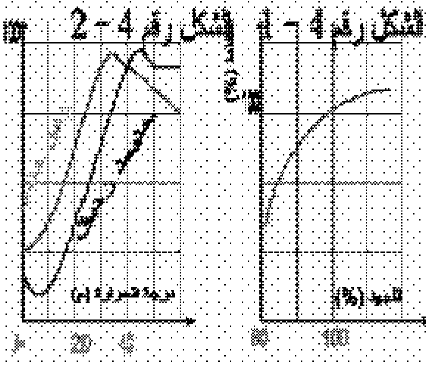
بخار الغاز	الضوء	لومن/و (نظرية)	لومن/و (عملية)
نيون	أحمر Reddish	198	10 - 15
[illegible]	[illegible]		
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]		
زئبق منخفض	[illegible]	248	20 - 15
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

سوف نتعامل مع العملية الهندسية للتفريغ الكهربي من حيث المبادئ العامة دون الدخول في التحليل الرياضي أو الهندسي أو الفيزيقي لأي من مراحلها حيث أن الهدف هو الإلمام بهذا الموضوع من الناحية الهندسية المطلقة وصولا إلى التصنيف الذي يتلاءم مع نوعيات الطرق والشوارع المختلفة، ولذلك نختص هذه النقطة بعدد من الظواهر المصاحبة لعملية التفريغ الكهربي ونوجز أهمها على النحو التالي:

أولا: الأشعة اللونية Colors

حيث أن التفريغ في الغازات يتم تحت ضغط منخفض جدا فيمكن خلط المعدن أو الغاز ليتفاعلا معا كي نصل إلى شدة إضاءة عالية فتواجد الصوديوم أو الزئبق مع الغاز الخامل يرفع من درجة الحرارة عند الانهيار الكهربي وهي بداية الاشتعال فيتبخر أي منهما حسب الأحوال فتظهر الذرات الكافية والتي يتم استثارتها من الإلكترونات الحرة.

لذلك تكون هناك ظاهرتين هما تفاعل الغاز الخامل كباديء للتهيج الكهربي ومحفز لحركة الالكترونات في مستويات مختلفة بسبب تسخين الغاز نفسه كما يضاعف من معدل التصادم الالكتروني لزيادة الاستثارة المطلوبة داخل الغاز إضافة إلى ما سبق نجد أن التفريغ الكهربي ينتج أشعة ضوئية ويعتمد ذلك على المعاملات الآتية:



1- نوعية الغاز وضغط الغاز
2- حجم التفريغ وهو ما يعني تكوين أنبوبة التفريغ
3- نوعية المعادن أو الغازات المستخدمة
4- نوع الطلاء الموجود على سطح أنبوبة التفريغ

من هذا المنطلق يقدم الجدول رقم 4-1 البيانات الخاصة بالألوان المصاحبة للأشعة المختلفة من بعض الغازات التي تستخدم في هذا المجال كما نجد أن المصابيح تتنوع تبعا للمواد الفسفورية في الطلاء وكذلك المادة الخلط مع الغاز الخامل داخل المصباح كما هو مبين في الجدول رقم 4-2 وفيه تأتي الأنواع المختلفة للمصباح الفلورسنت ويظهر منه أن النوع الأبيض في اللون هو الأكثر شيوعا.

جدول رقم 4-2 : أنواع المصابيح تبعا للمواد المستخدمة فيها

المادة الفسفورية	المادة المضافة	نوع المصباح لونيا	اللون المميز الغالب	طول الموجات الطيف
تنجستن كالسيوم	رصاص	أزرق	أزرق	440 نانو متر
تنجستن ماغنسيوم	✓	ضوء النهار	أزرق مع أبيض	480
هالو فوسفات الكالسيوم	أنتيمون	ضوء النهار	أزرق مع أبيض	480
سيليكات الزنك	منجنيز	أخضر	أخضر	520
[illegible]	أنتيمون + منجنيز	أبيض بارد / دافئ / نهار	أصفر فاتح	590
فلوروجرمانات الماغنسيوم	منجنيز	أبيض محسن	أحمر	660

ثانيا: الإشعال Sparking

يعتمد التفريغ الغازي علي تحويل غاز البدء من وسط عازل كهربيا (أو ضعيف التوصيل كهربيا) إلي وسط موصل جيد للكهرباء والتحول من حالة التفريغ المتوهج نتيجة ظهور جهد عالي بين قطبين بعيدين داخل الغاز إلي حالة تفريغ قوسي كهربي مستمر ومستقر بين القطبين وهو ما يعني مرور تيار كهربي داخل الغاز وهي حالة إشعاعية لهذا الغاز والتي يصاحبها إشعاعا غير مرئي في الكثير من الحالات ولذلك يضاف مسحوق فسفوري علي الغلاف الزجاجي للمصباح وهو ما يتمتع بخاصية امتصاص هذا الإشعاع وإعادة بثه مرة أخري في موجات مرئية للعين المجردة. عند تسليط الجهد المناسب علي هذا الغاز ينكسر كهربيا ويعرف باسم جهد الإشعال **Ignition Voltage** كما يصاحب الإشعاع الضوئي هذا إشعاع آخر كهرومغناطيسي وهو ما يتغير بتغير الغاز البادئ أو المسحوق المساعد علاوة علي تأثير ضغط البخار المتولد داخل الأنبوبة ويصحب عملية التأين هنا انخفاضا في المقاومة الكهربية وتكون مقاومة سالبة الخاصية **Negative Resistance** .

الإشعال يمثل التحول السابق إلي أن يستقر فرق الجهد الكبير بين الطرفين ويدنو إلي قيمة صغيرة مع استقرار التفريغ الكهربي ولذلك نحتاج إلي كابح **Ballast** لتقليل مفنناب الجهد علي المصابيح من هذا النوع ويوضع الكابح لهذا السبب علي التوالي مع المصباح وبذلك يتوزع الجهد 220 ف بين كلا من الملف الخانق (الكابح) والمصباح ذاته، وتفقد درجة حرارته بحوالي 110 ° م، وتكون فائدته منحصرة في ثلاث نقاط هي توزيع الجهد علي المصباح والملف وكذلك تجهيز جهد البدء لعملية الإشعال بجانب الحد من قيمة التيار والعمل علي استقراره ويعيبه خفض معامل القدرة في الدائرة وهو ما قد يصل إلي 0.3 في بعض الحالات، وتتم هذه العملية علي مرحلتين هما:

المرحلة الأولي: عملية البدء *Starting Condition*

إنشاء جهد عالي بين طرفي المصباح داخل الغاز فتتولد الشرارة الكهربية بين القطبين ومن ثم تتأين الذرات داخل الوسط وهو ما يستهلك فترة زمنية قصيرة حيث أن جهد انهيار الغازات يتناسب طرديا مع كلا من الضغط والمسافة بين طرفي الأقطاب داخل الغاز وهو ما يعرف باسم قانون باشن كما نستطيع خفض قيمة هذا الجهد من خلال عملية خلط الغازات وهو ما يعرف باسم خليط بيننج **Penning** فتعطي الكسر الكهربي بالشرارة بسرعة وفي الحقيقة فإن المرحلة الأولي هذه تستهلك عمر المصباح بسرعة جدا مقارنة مع عدد ساعات التشغيل الدائم فكلما زاد عدد مرات البدء في الإشعال كلما استهلكت مادة الطلاء المعدني علي الأقطاب وبالتالي يقصر عمر المصباح وهو ما يعرف باسم البصق **sputtering** .

يبين الجدول 4-3 العلاقة بين عمر المصباح وعمليات البدء وكيفية أن عمر المفتاح يقل كثير مع هذه العملية المستهلكة للمادة التي تبث الالكترونات الحرة وهي معطاة لعدد ساعات البدء يوميا أو لمعدل بدء معادل لقيمة ثلاث ساعات تشغيل.

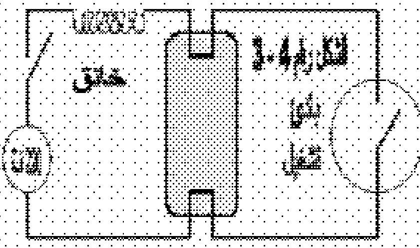
الجدول رقم 4-3 :تأثير عمليات البدء علي عمر المصباح

ساعات البدء (س)	1	10	20
نسبة ساعات التشغيل المرادفة (%)	50	150	200

يتراوح العمر المتوسط للمصباح من 5 إلي 10 ك س تشغيل وهو ما يمكن أن يتبع المعادلة التقريبية

عمر المصباح (س) = 3 × عدد مرات البدء × معامل الجهد× معامل الغاز + عدد ساعات التشغيل (4-1)

تشمل عملية الإشعاع كلا من التصادم Elastic Collision والإثارة Excitation ثم التأين Ionization كما ينخفض تيار الضوء مع التشغيل وذلك مع تغير الجهد (الشكل رقم 4-1) ويتناقص الفقد بدرجة الحرارة كما نراها في الشكل 4-2 حيث يظهر المصباح المحتوي على زئبق خالص تكون أقصى كفاءة عند درجة 20 - 30° م بينما تلك بالزئبق الممزوج تكون عند 35 - 40 مئوية.



المرحلة الثانية: حالة الاستقرار

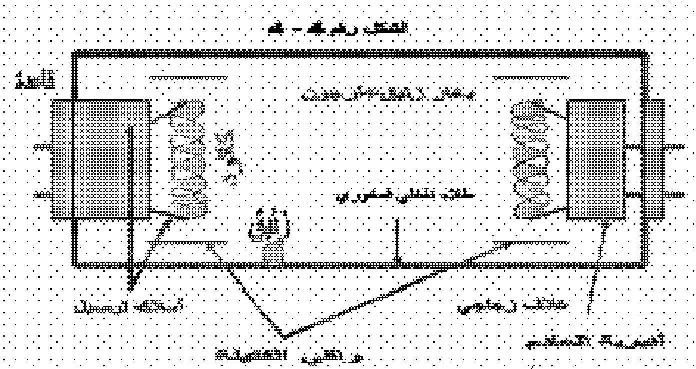
Stable Operation

تتميز هذه الحالة في الانتقال من القصر الكهربي مع الجهد العالي إلى التوصيل الكهربي تحت جهد منخفض وتحول الدائرة الكهربية إلى حالة الاستقرار، ويتم هذا التسخين الكهربي للأقطاب من أجل الحصول على الجهد الإلكتروني المطلوب، كما أنه وأي بتواجد القصور الذاتي في عملية التسخين هذه لاستقرار المرور الكهربي من خلال الغاز.

4-2: المصباح الفلورسنت Fluorescent Lamp

مصباح الفلورسنت من أهم التطبيقات في مجال الإضاءة بأسلوب التفريغ الغازي ولهذا سوف نتعرض لها بما يلي:

الشكل رقم 4 - 4



المحور الأول: الشكل العام للمصباح General

يتكون مصباح الفلورسنت من أنبوبة بها غاز الأرجون Argon وقليل من الزئبق Mercury عند ضغط منخفض كما والتي تتحول إلى الطيف Ultraviolet كما مبين في الشكل رقم 4-3 ويعطي إشعاعا بنفسجيا

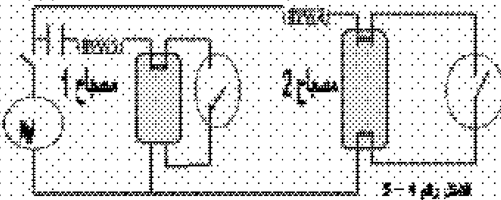
المرئي Visible Light باستخدام المسحوق المطلي على الجدار الداخلي من المصباح ويظهر حول الفتيلة (الكاثود) - والمصنوعة من مادة تنجستن مطلية بمادة إشعاعية emitting - واقي معدني يعمل على تقليل البقع السوداء كي تترسب عليها من الجدران إضافة إلي أنها تقلل من تواجد الرعشة الضوئية Flicker وهو ما يأتي نتيجة قلة قدرة المنبع الفسفوري مع الذبذبة المتناسبة مع الجهد وهي التي تطلى بها الجدران الداخلية للمصباح من نوع الفلورسنت، وتتواجد كتلة صغيرة من الزئبق داخل الغلاف للمساعدة علي عملية الإشعال.
الخانق دورا أساسيا في جهد البدء فيرفع قيمته إلي حد انهيار الغاز كهربيا كما يعطي الجدول رقم 4-4 بيانا تقريبيا بالنسبة المئوية من الموجات المرئية الصادرة عن المصباح إلي تلك من ضوء النهار المعتاد وكذلك نسبة تواجد هذه الموجات في المصباح الفلورسنت ، كما أن ظاهرة الارتعاش تعتمد علي التغير المستمر في قدر الطاقة فوق البنفسجية الصادرة عن المصباح وهي التي تقل مع التشغيل المستمر فتظهر حالة الارتعاش الضوئي، ويظهر من الجدول أن نسبة تواجد الضوء البرتقالي والأصفر والأخضر المائل إلي الاصفرار بجانبي الأزرق عالية وتزيد جدا وهو ما يغلب علي ألوان المصباح بنسبة إلي ضوء النهار بينما تتواجد هذه الأشعة بنسبة عالية داخل المصباح أيضا، وهناك مصابيح يتم توصيلها علي التوالي ولكن بأسلوب معين حفاظا علي الصفات الخاصة بالتشغيل لكل مصباح علي حدة

الجدول رقم 4-4:النسبة المئوية للأشعة الضوئية الصادرة عن مصباح الفلورسنت العادي

الأشعة اللونية	المسحوق المسبب	نسبة الأشعة داخل المصباح	نسبة الضوء إلي النهار	نسبة من الضوء المرئي للنهار
أحمر داكن	بورات الكادميوم	5.48	53.3	5.1
أحمر	بورات الكادميوم	9.58	82.3	8.9
برتقالي	سليكات كادميوم	12.33	105.8	11.5
أصفر	سليكات بيريليوم الزنك	13.02	105.5	12.1
أخضر مصفر	سليكات الزنك	13.7	105.2	12.7
أخضر	سليكات الزنك	10.96	80	10.2
أزرق مخضر	تنجستن الكالسيوم	12.33	85.7	11.5
أزرق	تنجستن الماغنسيوم	15.75	121	14.6
بنفسجي		6.85	90.9	6.4

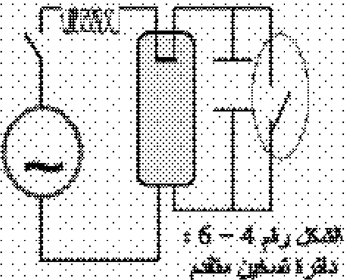
نوعيات اللون المتولدة من المصباح الفلورسنت وهي التي يتم تصنيفها كما جاء في الجدول 4-4 والذي يجدول المادة أبيض دافئ 29 (10 -التي تنتج هذا اللون ويتنوع اللون الأبيض إلي: ضوء النهار 55 (1000 لوكس)

لومين) وهو مناسب للطرق – أبيض 33 (مناسب للمدارس والمصانع والورش) – أبيض دو لوكس 34 (مناسب للأسواق) – أبيض دو لوكس دافئ 32 (مناسب للمحلات والمطاعم والفنادق).
لذلك نجد المصباح قد يأخذ المسمى باللون والحرارة مثلا مصباح بارد أي أن الفتيلة لا تسخن كثيرا ودرجة الحرارة منخفضة وكذلك الدافئ وهو أبيض اللون وكفاءته عالية مع انخفاض في مستوى تجديد الألوان بينما عند تشغيل المصباح تظهر دائرتان فتظهر دائرة البدء (الدائرة الأولى) حيث يمر التيار من المنبع إلى الملف إلى الفتيلة ولكنه لا يستطيع المرور داخل المصباح ويجد أمامه الطريق السهل من خلال البادئ وهو الملك المغلق كهربيا فيمر فيه ويعود إلى المنبع مباشرة دون المرور بالمصباح.



الشكل رقم 4 – 5

أما الدائرة الثانية (دائرة التشغيل) فهي بعد مرور التيار في دائرة البدء يسخن البادئ فينفصل طرفيه فتنفتح الدائرة محدثا جهدا عاليا لحظيا مما يسبب انهيار الغاز كهربيا داخل المصباح فيمر التيار وبذلك تظهر دائرة التشغيل حيث يمر التيار من المنبع إلى الملف فالغاز بالمصباح لأنه توقف عن المرور في البادئ لفتح دائرته ومن ثم يكمل المشوار عودة إلى المنبع مباشرة (الشكل رقم 4-4)، كما يمكن تشغيل المصابيح على التوالي كما في الشكل 4-5 نجد أن المصباح الأول متقدم بالتيار بسبب تواجد مكثف في دائرته وعادة يكون 3.8 ميكرو فاراد بينما الثاني متأخر لعدم وجود مكثف مما يساعد على موازنة القدرة وهنا الخداع ولخداع العين.



الشكل رقم 4 – 6 : دائرة تسخين متقدم

المحور الثاني: بادئ الإشعال Ignition Starter

يقوم البادئ بوظيفتين هما: (إكمال دائرة التسخين وبدايته في عملية الإشعال و فتح الدائرة بعد الإشعال لدائرة التشغيل المستقرة) ومنه نوعان هما: (النوع المتوهج Glow Type) وهو الأكثر شيوعا ويتكون من أنبوبة بها خليط من غاز الهيليوم وا لهيدروجين أو الأرجون أو النيون عند ضغط منخفض ويتصل طرفي البادئ مع شريحة المعدن المزدوج، أما النوع الثاني فهو (الحراري Thermal Type) والذي يتم الاستعانة به في النوعيات المتقدمة من المصابيح، كما يمكن تقسيم المصابيح تبعا لدائرة البدء كما يلي:

النوع الأول: بادئ تسخين متقدم *Preheat switch start*

يتم التسخين مسبقا قبل بدء التشغيل كما في الشكل رقم 4- 6 حيث يعتمد الأسلوب في البدء على شكل البادئ فهو يتكون من أنبوبة زجاجية صغيرة بداخلها غاز خامل (النيون أو الأرجون) وبداخلها طرفي تلامس أحدهما ثابت والآخر متحرك بتأثير الحرارة لأنه مثبت في طرف شريحة ثنائية المعدن وهو يحتاج إلى بادئ خاص فمثلا مع فقل

المفتاح الكهربي لتشغيل المصباح يظهر جهد الخط بين طرفي الثلامس فيحدث توهج داخل الأنبوبة مثل نظرية التفريغ الغازي تماما فتسخن بالتالي الشريحة ثنائية المعدن فتتمدد وتفتح الدائرة بين طرفي الثلامس داخل البادئ مع وجود الملف الخانق فيظهر فارق الجهد العالي بين فتيلتي المصباح وتنتقل الدائرة إلي حالة الاستقرار ، ويتم تركيب مكثف علي طرفي البادئ بمقدار 0.006 ميكرو فاراد عادة لمنع تداخل الإشارات المتراسلة مثل اللاسلكي والأجهزة الإلكترونية عموما حيث يتم التخلص من التداخل بطريقتين هما : الإشعاع المباشر من المصباح إلي الهوائي وفيه يتحكم في الإشعاع بإبعاد الهوائي بما لا يقل عن مترين وإلا وجب تركيبا لأرضي للأسلاك والأجهزة الإلكترونية عموما أو عن طريق خط التغذية الخلفية للمصباح.

يعمل الملف الخانق هنا علي رفع الجهد إلي الحد اللازم لإشعال الغاز كهربيا داخل الأنبوبة الفلورسنت ويعيبه إنتاج الضوضاء (بالرغم من تقليلها بشدة في التصميمات الحديثة) ويخفض معامل القدرة في الدائرة بشكل ملحوظ فيزيد من التكلفة الكلية لاستهلاك الطاقة علاوة علي أن الكفاءة الضوئية للمصباح الفلورسنت تعادل ثلاث أمثال كفاءة المصباح المتوهج بذات القدرة الكهربية المستهلكة .

النوع الثاني: مصباح سريع البدء Rapid Start

هذا النوع لا يحتاج إلي بادئ (الشكل رقم 4-7) حيث نري مساعد البدء والمكون من شريط موصل بطول المصباح ويركب بجواره ويتصل بالأرض ويتحدد بعد الشريط عن المصباح بقيمة التيار المفقد للمصباح فمثلا للتيار 500 مللي أمبير وأقل يكون البعد [illegible] الأكبر يكون البعد [illegible] وهذا الشريط يرفع المجال الكهرومغناطيسي بين طرفي المصباح فيساعد في عملية الإشعال ولكنه يجب ألا يتواجد مثل هذا النوع في الأماكن ذات الرطوبة العالية أو يتم التعامل مع النوعيات ذات الطلاء المضاد للرطوبة وغير قابل للبلل ، كما يستعمل بمحول مصمم لهذا الغرض إضافة إلي الملف الخانق المعتاد.

النوع الثالث: مصباح فوري البدء Instant Starting

إنه نوع خاص لا يحتاج إلي بادئ ولا يتطلب فيه تسخين أو [illegible] ويكون فيه الفتيلة [illegible] وتعمل الدائرة الكهربية بمجرد توصيل المفتاح ويعطي جهدا عاليا يكسر العزل الكهربي للغاز ويرتفع [illegible] الجهد إلي الحد المقرر فورا حيث يتم التحكم في هذا عن طريق محول ذاتي خاص كما نراه في الشكل رقم 4-8 وهو ما يعطيه [illegible] وغير مجزأة كما هو الحال بالنسبة للأنواع العادية كما أن [illegible].

الشكل رقم 4 - 7

محول

بعد استعراض هذه النوعيات المختلفة من مصابيح الفلورسنت نجد المواصفات الجوهرية لبعض منها وهي ما تعتمد علي شكل أنبوبة المصباح فمنها المستقيمة طوليا أو تلك علي شكل حرف U أو تلك الدائرية وكلها أشكال متداولة في الأسواق وتعمل بنجاح ولذلك نجد في الجدول 4-3 هذه الأشكال بمختلفاتها العديدة والتي يتم تداولها.

المحور الثالث: المصابيح الفلورسنت المحسنة
Improved Lamps

تعتمد عملية ظهور الأشعة الضوئية على عدد من العوامل منها مادة الطلاء المعدني على الأقطاب والغاز والمخلوط معه والمادة الفسفورية على الجدران والضغط عليه والجهد والدائرة الكهربية وخصائصها ومن هنا ظهرت بعض الأنواع ذات القدرات الأعلى في إنتاج الضوء على النحو التالي:

النوع الأول: المصباح ذو التردد العالي

High Frequency Lamp

دخل هذا النوع في المجال التنفيذي وظهرت منها مصابيح على شكل الحرف U ذات قطر أصغر وقد تم تطوير مادة الطلاء الداخلي للغلاف وأصبحت ذات صفات أفضل، كما تم التغلب على القدرة الضوئية الناتجة عن طريق دخول الملف الإلكتروني Electronic Control Gear والذي يقوم بتحويل التردد العادي (50 هيرتز) إلى آخر عالي حوالي 20 – 30 kHz ومن مزاياه:

الشكل رقم 4 – 8

1- أقل وميضاً عند التشغيل

2- انعدام الرجفة الضوئية Flickering

تظهر الرجفة الضوئية بتردد مضاعف لتردد المصدر الكهربي وذلك عندما يقل المستوى الداخلي بالأنبوبة المناسبة بالمصباح وهو ما يمكن التغلب عليه في المصباح العادي من خلال ثلاث طرق مختلفة:

(أ) استخدام مجموعات ثلاثية من المصابيح Triple Lamp Group

تعتمد هذه الطريقة التوصيل بأن يوصل كل مصباح على أحد الأوجه لتكون الزاوية 120 بين كل مصباح والآخر فتقل ظاهرة الرجفة الضوئية بشدة؛

(ب) استخدام دائرة مزدوجة من المصابيح Double Lamp Group

هذا يعني تشغيل المصباحين على التوازي حيث يتم توصيل مكثف تقديم في دائرة مصباح واحد منهما وبالتالي تظهر زاوية فرق بين المصباحين (الشكل رقم 4-5).

(ج) تشغيل المصباح بالتردد العالي HF Lamp

التردد العالي يتميز في أسلوب البدء التشغيلي لهذا النوع من المصباح الحالي والذي يتميز به عن المصباح الفلورسنت العادي.

3- قلة الضوضاء

4- فورية البدء

5- الكفاءة أعلى

الجدول رقم 4-5 : مواصفات جوهرية للمصباح الفلورسنت القياسي

شكل أنبوبة المصباح	قدرة (بدون ملف خانق)، وات	الفيض الأقصى (لومن)	الكفاءة (لو/وات)
مستقيمة	10 / 4	120	12
	12 / 6	240-220	20-18
	14 / 8	350-310	25-22
	14 / 10	480-460	34-33
	19 / 13	650-500	34-26
	19.5 / 15	600-580	31-30
	21 / 16	900-750	43-36
	25 / 20	1230-800	49-28
	32 / 25	1720-1150	54-36
	39 / 30	1900-1500	49-38
	51 / 40	2600-1750	51-28
	78 / 65	4800-2600	62-33
حرف U	21 / 16	920-720	44-34
	25 / 20	1000-830	40-33
	50 / 40	2700-1850	54-37
	78 / 65	4050-3300	52-42
دائرية	27 / 22	1100-980	41-36
	42 / 32	1900-1500	45-36
	50 / 40	2700-2150	54-43

6- أقل استهلاكا للطاقة الكهربية
7- الفقد الحراري بسيط جدا
8- تكاليف الصيانة منعدمة
9- انعدام الوميض أثناء عدم التشغيل وهو من العيوب التي كانت تخص المصباح العادي
10- الإشعاع الحراري أقل بكثير فيساعد على تقليل الحاجة إلى أجهزة التكييف
11- عمرها الافتراضي طويل مقارنة مع مصباح الفلورسنت العادي

الجدول رقم 4-6 : مقارنة استهلاك المصابيح بالوات للنوع العادي والمضغوط

النوع المضغوط	الفلورسنت العادي	توفير الطاقة (%)
9	40	22.5
13	60	21.6
18	75	24
23	100	23

النوع الثاني: مصباح ذو ضغط عالي *High Pressure Lamp*

تظهر هذه النوعية بالصغر وقد يصل طولها إلى 20 سم مع الخانق والمكثف وتتميز بما يلي:

الجدول رقم 4-7 : مقارنة بين خصائص مصباح الفلورسنت مع مصباح التوهج (فتيلة تنجستن)

مصباح التوهج	مصباح فلورسنت
الضوء تقريبا طبيعي	الضوء غير طبيعي ولكن هناك بعض الأنواع تقترب منه
تمييز ألوان كامل تكاليف أولية قليلة	عدم القدرة على تمييز الألوان تكاليف أولية مرتفعة
عمر المصباح 700 ساعة	عمر المصباح 4000 ساعة
تكاليف الصيانة والتشغيل مرتفعة	تكاليف الصيانة والتشغيل قليلة
لها نصوع عالي	لها نصوع بارد وهادئ
تقل الإضاءة بالتقادم الزمني	يقل الضوء بالتقادم الزمني
كفاءة ضوئية ضعيفة	كفاءة ضوئية عالية
الفقد الحراري مرتفع	يتأثر بدرجة الحرارة
الضوء ثابت تماما	الضوء قابل للارتعاش
تنخفض شدة الضوء بشدة مع هبوط الجهد	عملية البدء ذات تأثير كبير على عمر المصباح

1- تستهلك ربع الطاقة المماثلة تقريبا (الجدول رقم 4-6) للمصباح الفلورسنت العادي حيث نجد أنها لا تتعدى 25 % من القدرة اللازمة للمصباح المماثل
2- العمر يصل 1.5 ضعف الفلورسنت العادي
3- سهلة التركيب
4- لا تحتاج إلى صيانة

تحتاج هذه النوعية من المصابيح إلى بعض التعليمات الهامة وهي:

1- عدم كسر الغلاف لأن زجاجه الضغط عالي ولا يمكن إلقائه بعد انتهاء عمره مثلا
2- لا يجوز تنظيف الغلاف أو المصباح أو تحطيمها
3- لا يجوز لمس الغلاف عند التركيب ويفضل التعامل ماسكة Holder أو جهاز التركيب اليدوي Edison Screw Holder
4- يمتنع إدخالها في دوائر الضبط الضوئي المسرحي Dimmer systems أو في التشغيل الآلي
5- لا يجوز زيادة الجهد عليها عن المقنن حتى لا يقصر عمر تشغيلها بشدة
6- يجب تقليل عمليات البدء بقدر الإمكان خصوصا وأن فترة البدء طويلة قد تصل إلى الدقيقة بينما المصباح الفلورسنت العادي يستغرق من ثانية إلى ثلاث فقط

الشكل رقم 4-9

7- عدم تركيب هذه المصابيح في المواقع المائية أو الزراعية المائية مثل مزارع الأرز وتلك الأماكن التي بها نسبة الرطوبة مرتفعة

8- يفضل استخدامها بعيدا عن الأجهزة الإلكترونية (مثل المذياع والتلفزيون وأجهزة اللاسلكي والنقال أو المحمول) منعا للتداخل بينهما

الجدول رقم 4-8 : مقارنة مصباحي التوهج والفلورسنت

نوع المصباح	مصباح التوهج: الكفاءة لومن/وات	مصباح التوهج: النصوع cd/m^2	مصباح الفلورسنت: نوع المصباح	مصباح الفلورسنت: الكفاءة لومن/وات	مصباح الفلورسنت: نصوع cd/m^2
فتيلة كربون	3	52	بكابح تيار	59 39 62 50	0.7 0.45 0.75 0.55
فتيلة تنجستن	10 20 25 14	70 200 2400 12-3	بدون كابح تيار	77 49 80 65	0.7 0.45 0.75 0.55

9- تعمل المصابيح هذه بكفاءة ولها الحماية الخاصة بها (مصهر داخلي مثل مصباح التوهج).

10- يجب ألا تتعدى درجة الحرارة المحيطة عن 75° م

يعطي الجدول رقم 4-7 مقارنة عامة بين خصائص كلا من المصباح المتوهج العادي (ذو الفتيلة تنجستن) وبين مصباح الفلورسنت العادي. كما أن المفقد يتباين بين النوعين وذلك من أجل تحديد الظروف المناسبة لكل منهما فنجد في الجدول رقم 4-8 مقارنة بسيطة بين النوعين هندسيا.

يتبين من هذه القراءات أن المصباح فلورسنت النوع يزيد في كفاءته كثيرا عن مصباح الفتيلة وكذلك يزيد عمر مصباح الفلورسنت عن الآخر بكثير بالرغم من التكلفة العالية الأولية لمصباح الفلورسنت إلا أنه الأفضل في بقية الخصائص.

النوع الثالث: النوع الموفر للطاقة

دخل مصباح الفلورسنت في التطوير لقدمه في الميدان التطبيقي وظهر منه أنواعا عديدة موفرة للطاقة ونرى في الجدول 4-9 حصرا بسيطا لبعض الأنواع المتداولة بالأسواق خصوصا وأنها تتميز بالآتي:

1- القطر أقل من النوع العادي

2- تسمح بتعرجات أكثر عددا لصغر قطرها وبالتالي حجمها

3- لا تختلف في التركيب وأسلوبه عن النوع العادي

4- توفر الطاقة بنسبة 10- 15 %

5- تأخذ أشكالا متباينة فتسمح بإضفاء لمسة جمالية على المصابيح

6- لا تتأثر بدرجة الحرارة
7- يزيد عمرها الافتراضي عن العادي ويصل 7000 ساعة
الجدول رقم 4-9 : بيان ببعض أنواع مصابيح الفلورسنت الموفرة للطاقة

قدرة (و)	شكل الأنبوب	الإضاءة لومن	طول أنبوب سم	قطر مم	درجة اللون
18	طولية	1150 /1020	60	26	نهار/أبيض
20	حرف U	950	31	38	أبيض عادي
20	طولية	1150 /1020	60	38	نهار/أبيض
22	دائرية	1000 /1350	21.6 ϕ	29	أبيض بارد/عادي
32	دائرية	2000 /1700 /2050	30.7 ϕ	30	أبيض بارد /عادي / دافئ
36	طولية	3000 /2500	120	26	نهار/أبيض
40	دائرية	2800 /2300 /2900	40.9 ϕ	30	أبيض بارد /عادي / دافئ
40	حرف U	2800:2700	60.7 -57	38	أبيض بارد /عادي / دافئ
40	طولية	3000 /2500	120	38	نهار/أبيض
58	طولية	4800 /4000	150	26	نهار/أبيض
65	طولية	4800 /4000	150	38	نهار/أبيض
65	حرف U	4500 /3400	76.5 -57	38	أبيض بارد /عادي / دافئ

النوع الرابع: المصابيح المدمجة

تأتي أيضا المصابيح المدمجة بصفة هامة وهي صغر الحجم الشديد وهي تعمل بكابح إلكتروني أو ذلك التقليدي كما جاء في الجداول السابقة وتنصف بالضغط المنخفض وهي موفرة للطاقة المستهلكة لنفس القيمة الضوئية والكابح قد يكون حاملا بالتيار المغناطيسي ويمتاز بما يلي:

1- توفير الطاقة
2- تجانس توزيع الإضاءة
3- ذات دليل ممتاز في تمييز الألوان

4- يرتفع عمر المصباح بشدة.
5- ينتج بقدرات منخفضة (الجدول 4- 10) فيعطي مجالا أكبر للاستخدام.
6- أمانة نقل الألوان لأنها تصدر اللون الأبيض مما يزيد من رفعة استخدامها.

الجدول رقم 4-10 : بيانات مصباح فلورسنت مدمج (ديلوكس)

قدرة (و)	تيار بدء (mA)	تيار مقنن (mA)	كفاءة (لومن/و)	فيض (لومن)
5	45	200	50	250
7	75	350	57	400
11	105	450	66	600
15	130	500	82	900
20	170	600	60	1200
23	190	650	65	1500

عند استخدام الكابح الإلكتروني تزيد الصفات المميزة ويضاف لها ما يلي:
1- ثبات الضوء.
2- زيادة عمر المصباح إلي 10000 ساعة تشغيل
3- التخلص من مشاكل البدء في الإشعال.
4- عدم ارتفاع درجة الحرارة.

الجدول رقم 4-11 : المواصفات الفنية الأساسية للمصباح الفلورسنت

نوع مصباح	قدرة دائرته (و)	كفاءة الإضاءة (لومن/و)	شدة الضوء الأقصى (ك. لومن)	عمر المصباح (ألف ساعة)
سريع البدء	40	70-63	2.8-2.5	16 – 12
عالي الكفاءة	60	72-60	4.3-3.6	12
	115	59-43	6.8-5.6	12-10
موفر للطاقة	36-34	83-69	3-2.5	12
	92	65-54	6-5	12-10

المحور الرابع: الأعطال الأساسية Basic Faults

تتحدد المواصفات الفنية للمصباح بعدد من العوامل يأتي علي رأسها عمر المصباح وهو زمن تشغيل المصباح بالساعة وكفاءة المصباح ضوئيا بوحدات اللومن / وات وشدة الضوء الأقصي وهو ما يظهر في بداية التشغيل لأول مرة ولكن بعد مرور 100 ساعة لاستقرار الأداء.

يعطي هذه البيانات الجدول رقم 4-11 لعدد من تلك المصابيح الخاصة والعادية وهي محددة للمصباح ذو الطول القياسي 120 سم وهي كلها مقننات قياسية وواردة في المواصفات الدولية والمحلية ومن خلال هذه البيانات نستطيع التعرف علي الأعطال بسهولة وهو الهدف من وضع هذه البيانات الآن.

من الخبرة العملية الطويلة وما تجمع من أعطال في الكتب والمراجع والكتالوجات بالإضافة إلي الأبحاث العملية والميدانية في مجال الإضاءة نجد الجدول رقم 4-12 يعطي حصرا لأهم الأعطال في دوائر المصباح الفلورسنت مجدولا للأسباب وكيفية التعامل (السهل) معها نظرا لأنها بسيطة.

الجدول رقم 4-12 : بيان بأهم الأعطال في دائرة مصباح الفلورسنت

نوع العطل	السبب المحتمل	العلاج
لا يضيئ المصباح عند قفل مفتاح الدائرة	عدم وجود مصدر تغذية - البادئ لا يعمل انقطاع المصدر - انفصال مفتاح التغذية قطع في الفتيلة أو البادئ أو الملف أو أطلاف التوصيل بالدائرة	التأكد من سلامة المصدر تغيير بادئ التشغيل تغيير المصباح التأكد من سلامة التوصيل في الدائرة
بداية تشغيل بطيئة	المصباح قديم	تغيير المصباح
توهج الفتيلة والمصباح لا يضيئ	تلامس طرفي البادئ جهد منخفض	تغيير البادئ قياس جهد المنبع
احتراق الفتيلة عند البدء	احتراق الملف الخانق	تغيير الملف
قصر عمر المصباح تكراريا	ارتفاع جهد المصدر	التأكد من قيمة الجهد ووضع منظم للجهد
رعشة ضوئية بسيطة	عمر تشغيل طويل	تغيير المصباح
الضوء متحرك في المصباح	المصباح جديد	الانتظار فترة تشغيل أطول حتي الاستقرار
الرعشة الضوئية عند الفصل أو التوصيل	إنتهاء عمر المصباح - ظهور بقع سوداء - عيب في البادئ - ربط وصلات غير جيد - انخفاض جهد المنبع	تغيير المصباح - التأكد من قيمة الجهد - الكشف علي البادئ - مراجعة التوصيل بالدائرة

المحور الخامس: مصباح تيار مستمر D C Lamp

يمكن لمصباح الفلورسنت العمل علي الجهد الثابت (غير المتردد) إذا ما تمكنا من كسر العزل الكهربي بين الفتيلتين عند طرفي المصباح في وجود جهد بسيط كاف علي طرفي المصباح وهو ما يمكن أن يتم من خلال مقاومة (لها قيمة مقننة تبعا لقدرة المصباح كما هو مجدول في الجدول رقم 4-13)، وتدخل الدائرة علي التوالي لتقلل الجهد هذا ولكنها تستهلك الطاقة ويعطي الشكل رقم 4-9 الدائرة الكهربية لمثل هذا المصباح وكيفية الأداء، ففيه تجد أن الكفاءة الضوئية سوف تقل عن مثيله من العامل علي التيار المتردد إلي النصف نتيجة استهلاك الطاقة المماثلة في المقاومة التي تدخل في الدائرة علي التوالي.

يحدث تسويد للمصباح بالقرب من الكاثود ولهذا السبب يوضع مفتاح عاكس الاتجاه كي تعمل الفتيلة كقطب موجب مرة ثم كقطب سالب مرة أخرى كي تتساوى كمية الانبعاث الإلكتروني منها علي جانبي المصباح فتستهلك الفتيلة بالتساوي ويكون هذا أطول عمر ممكن للمصباح، كما أن البادئ من النوع الحراري Thermal Starter وتتأثر هذه المصابيح بدرجة الحرارة ولذلك توضع في جراب صناعي Acrylic Sheath حفاظا علي حرارة المصباح وهو ما يظهر فعلا عندما تقترب الفتيلة من الانتهاء.

في هذا النوع نلاحظ أن المقاومة تقلل التيار إلي ما دون الأمبير حتى تحمي الفتيلة من الاحتراق والمكثف في الدائرة لمنع التداخل مع الإشارات اللاسلكية والشوشرة الضوضائية ويوجد مفتاح مغير أطراف التوصيل كي يعطي القطب الموجب للفتيلة في أعلي المصباح مرة وللأخرى المرة الثانية وهكذا. يعتبر هذا النوع من أنسب الأنواع لوسائل النقل المتحركة والتي تعمل بالتيار المستمر مثل المترو والترام والقطارات المكهربة أو تلك التي تدار بمحركات الديزل مثل المركبات والحافلات عموما بجانب الدراجات بأنواعها المختلفة سواء كانت التجارية أو العادية.

المحور السادس: تحسين معامل القدرة *Improvement*

يعيب مصباح الفلورسنت خفض معامل القدرة في الدائرة وهو ما يؤثر بشدة علي إمكانية استغلال القدرة كلها أي ضياع قدر كبير منها خصوصا وأن معامل القدرة قد يصل إلي 0.4 أو 0.3 أحيانا ومن ثم نحتاج إلي تعديل أو تحسين هذا المعامل وهناك عددا من السبل للتوصل إلي ذلك ومنها:

الجدول رقم 4-13: المقاومة المقننة للمصباح العامل علي الجهد المستمر

طول أنبوبة	120 سم / مقنن بالوات			60 سم / مقنن بالوات		
مقنن المصباح	80	40	30	40	20	15
200 ف	103	208	264	116	182	235
210	116	235	293	128	208	264
220	123	264	330	147	235	293
230	147	293	380	147	264	330
240	166	330	420	166	293	380
250	166	330	420	166	330	380

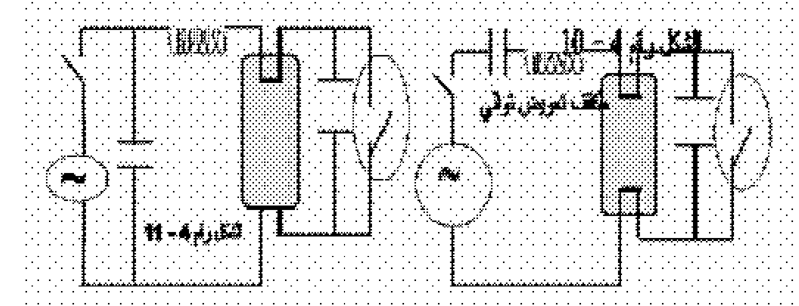
الطريقة الأولي : توصيل المكثف توالي Series Condenser

أن الدائرة بها ملف فتكون دائرة تأخير وهو ما يمكن التغلب عليه بإدخال مكثف بالدائرة وهو إما أن يتم تركيبه بالدائرة علي التوالي (الشكل 4-10) فيعوض قيمة الحث من الملف ويتميز المكثف هنا بأن الجهد عليه صغيرا فيكون سعره أقل بينما يمر فيه التيار المار بالمصباح ، ولا يجوز السماح بقيمة المكثف كي تحدث رنين

الطريقة الثانية : توصيل مكثف توازي Shunt Condenser

يركب المكثف علي التوازي فيعوض التيار الكلي الداخل إلي الدائرة ويري في الشكل رقم 4- 11 أحد هذه الدوائر والتي تعتمد علي المكثف وهي من الدوائر الأساسية والأكثر تطبيقا مقارنة مع مكثفات التوالي لأن الجهد ثابتا ويمكن الاستعانة بمكثفات متواجدة لتطبيقات أخري وليس لمصباح الفلورسنت فقط ويمر التيار هنا تبعا للجهد وهو 220 فولت ويصبح المكثف مقنن في المتداول فعلا ، ويحدول الجدول رقم 4- 14 أهم المقننات لمكثف تحسين القدرة في مصباح الفلورسنت.

يمكن هنا تركيب مكثف واحد لمجموعة من المصابيح علي منبع واحد فتوفر في عددهم وفي استهلاكهم أيضا وفي بعض الأحوال تكون الناحية الاقتصادية هي الغالبة فيتم تفاضل تركيب المكثف علي جهة 11 ك. ف. أو ناحية 220 / 380 ف حسب القدرة الإجمالية لمجموع مصابيح الفلورسنت العاملة داخل النطاق.



الطريقة الثالثة: دائرة شبه رنين

يعطي الشكل رقم 4- 12 دائرة لرنين مع التسخين المسبق وهي تعرف باسم دائرة شبه الرنين وتستخدم بكثرة في الإنشاءات الصناعية وكذلك في المحال التجارية والمكاتب الكبرى لتوفير الطاقة بها.

3-4: مصباح النيون Neon Lamp

يعتبر مصباح النيون نوعا من هذه المصابيح التي تعمل بالتفريغ الغازي ولها من الخصائص الفريدة الهامة منها:

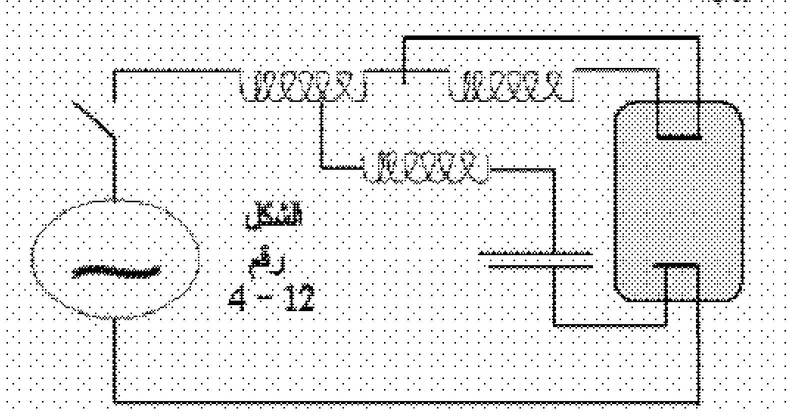
1- جهد تشغيل عالي قد يصل إلي 5 ك. ف.

2- قطر الأنبوبة صغير جدا (10 - 30 مم)

3- التيار ضعيف جدا (25 – 150 ملي أمبير)

4- توفير الطاقة بشكل ملحوظ

5- الكابلات والموصلات وجميع الأطراف في الدائرة لا بد وأن تكون معدة للتوصيل مع الأرض 6- توافر الأمان الكهربي.



الشكل رقم 4 – 12

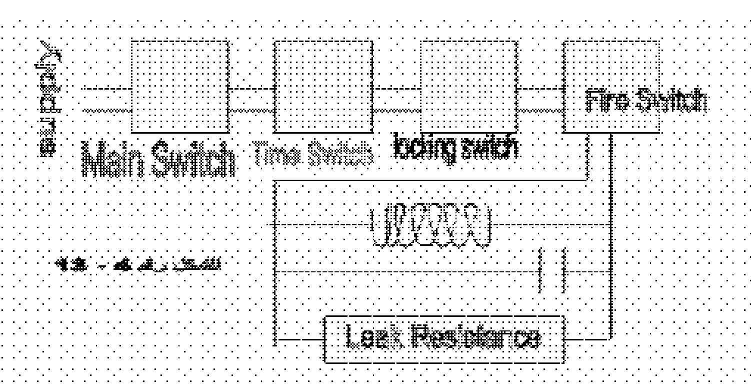
الجدول رقم 4 – 14: مقننات مكثف تحسين القدرة في مصباح الفلورسنت

قدرة المصباح (W)	10	16	20	25	30	40	65
سعة مكثف توازي (µF)			3			4.5	7
سعة مكثف رنين VAR	30	40	80	55	70	70	110

7- الأنبوبة تملأ بغاز النيون (يعطي الأشعة الحمراء) بجانب المساعد من الهيليوم أو الأرجون (يعطي أشعة زرقاء).

8- الدائرة مؤرضة تماما حماية للأفراد ومنعا للتداخل مع الأجهزة الإلكترونية

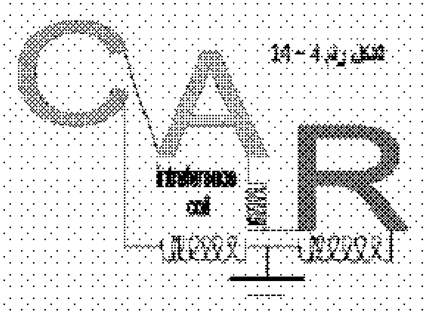
9- طول الأنبوبة قصير ويمكن تجميعه ببساطة في أشكال وحروف وكلمات بسهولة تامة كهربيا أو ميكانيكيا ولذلك يستخدم في الإعلانات والديكور وهو الأكثر انتشارا.



الشكل رقم 4 - 13

يقدم الشكل رقم 4-13 الشكل العام لدائرة مصباح النيون والتي تحتوي على عدد من المفاتيح المختلفة وهو لوحة حيث يستقبل التيار من المنبع القاطع الرئيسي ويليه القاطع الزمني ثم القفل ثم مفتاح الاشتعال حيث يتم التحكم في الدائرة بالأسلوب الكهروضوئي وهو ما يمكن أن نتعامل معه من أجل تفعيل الإضاءة أو التذبذب الضوئي المعهود في وسائل الإعلان الضوئية باستخدام مصابيح النيون. كما نرى في الشكل رقم 4-14 رسماً توضيحياً لكيفية توصيل قطع مختلفة من مصباح النيون حيث يتم توصيلها على التوالي في الدائرة الكهربية ويظهر في الشكل مكونات منع التداخل الكهرومغناطيسي في الدائرة وهذه النوعية من أبسط الدوائر الكهربية ولذلك فهي منتشرة بشكل ملحوظ على جميع المستويات الإعلانية ومازالت في المقدمة.

الشكل رقم 4 - 14



4 – 4: تصميم الدوائر الكهربية لمصابيح الطرق

تحتاج إلي إضاءة الطرق ***Road Lighting*** ليلاً وتوفير الرؤية الكافية بصورة هامة للارتقاء بعوامل الأمان كي تتناسب مع عمل رجال الأمن وتساعد علي أداء الأعمال الليلية المتنوعة التي تمثل محورا في هذا الوقت من اليوم، وهو ما يزداد أهمية لتنشيط الأعمال التجارية بالمناطق التجارية العامة في المدن من أجل التقدم المدني والحضاري. كما أن الإحصائيات أوضحت أن الطرق المضاءة بشكل مناسب تؤدي إلي تقليل حوادث المرور إضافة إلي منع وتحديد معدل الجريمة. من هذا المنطلق تظهر عدة عوامل تشارك معاً في تحديد مستوى شدة الإضاءة المطلوبة للطرق تبعا لأهمية الطريق وموقعه إلي غير ذلك من عوامل مثل إعتبارات الأمان بالطرق نسبة إلي كثافة حركة مرور السيارات والمارة كأعمال يومية او موسمية مثل الأحمال الكهربية تماما، حيث نجد أنه كلما زاد حجم المرور زادت نسبة التعرض للحوادث وتكون الرؤية غير جيدة مع ارتباك حركة المرور وتداخل المركبات مع المارة مما يشير إلي ضرورة التخطيط السليم لإنارة الطرق لتقليل المخاطر الناتجة عن حوادث المرور أو منع هذه الحوادث من التواجد. من هنا نستعرض النقاط الرئيسية في هذا الصدد في السطور التالية.

أولا: اختيار وحدات الإضاءة

توجد أنواع متعددة من المصابيح ووحدات الإضاءة ومن ثم يجب أن تبدأ عملية إختيار الإضاءة المناسبة لإنارة الطريق باختيار نوعية المصابيح،أي اختيار ما هو مناسب منها على أن تراعى التكلفة. ولهذا نعرض لحد الطرق العملية السريعة لهذا الاختيار، حيث يتحتم الإجابة علي عدد من الأسئلة الجوهرية بناء علي الشرح السابق والتالي بالفصل الخامس لخصائص الضوء والمصابيح ونوعياتها وطرق البدء التشغيلي لها علي النحو التالي:

السؤال الأول: هل الإضاءة الفورية مطلوبة ؟

السؤال الثاني: هل درجة تمييز الألوان مطلوبة ؟

السؤال الثالث: ما هو مستوى الإضاءة وهل هناك قيود فى طريقة وأماكن توزيع المصابيح ؟

السؤال الرابع: هل يمكن تغير المصابيح بسهولة ؟

السؤال الخامس: ما هي درجة حرارة الوسط الذي سيتم تجهيزه بوحدات الإضاءة ؟

السؤال السادس: ما هي كفاءة الضوء المطلوبة ؟

السؤال السابع: ما هي إمكانية استخدام المصابيح المضغوطة وتلك الحديثة المتطورة ؟

السؤال الثامن: ما هي إمكانية الإعتماد علي دوائر التحكم الآلي المركزي ؟

السؤال التاسع: ما هي معاملات الوسط المحيط من حيث نسبة الرطوبة –الاتربة –مقاومة المياه –الحرارة –أو تواجد ابخرة او غازات ؟

الأسلوب الثاني: طريقة انعكاسية الضوء

إنها طريقة هامة بجانب تلك السابقة عند تصميم الأضاءة على الطرق السريعة والشوارع الرئيسية الكبيرة حتى لا تؤثر سلبيا على قيادة السيارات ليلا خصوصا عند التعامل مع المزايا الخاصة بالسيارة، كما يلزم وضع إضاءة مناسبة عند مفارق الطرق والمنحنيات والمرتفعات والمنخفضات والمطبات الصناعية وغيرها من المهلكات المرورية والأوضاع الخطرة هندسيا.

ثالثا: دوائر المصابيح

يوجد نظامين لتوصيل مصابيح إضاءة الطرق هما:

النظام الأول: دائرة مصابيح التوالي (Series system)

في هذه النوعية من الدوائر الكهربية نجد أن يتم توصيل جميع المصابيح في نظام إضاءة الطرق على التوالي في دائرة الإضاءة، ويتم تغذية هذه الدائرة بالتيار من محول تيار ثابت (Constant- current transformer) وجدير بالذكر أن هذا الأسلوب يحتاج إلى دائرتين لتغذيته:

الأولى: دائرة تغذية أساسية

هي دائرة أساسية لتغذية محول التيار المهيمن على تغذية المصابيح (عادة متماثلة) وهي الدائرة التي تعرف بدائرة الجهد العالي وتغذى عادة من مصدر أحادي الوجه على الجهد ويكون موجود في نفس المنطقة المراد إنارتها. كما أنه يتم [illegible] المصابيح التي تتناسب مع مقننها والجهد [illegible].

الثانية: دائرة التحكم والوقاية

هذه الدائرة هي عبارة عن الدائرة التي تعرف باسم دائرة الجهد المنخفض.

يصمم محول التيار الثابت عند قيمة جهد ثابتة وتكون حدودها من 2.4 إلى 13.2 كيلو فولت للحصول على تيار ثابت بقيمة 20A أو 3.3، 6.6، 7.5، 15 حسب الأحوال حيث يستخدم هذا التيار في تشغيل المصابيح. كما يلزم التنويه عن أنه يجب ألا يقل التيار المار بدائرة التوالي للمصابيح عن مقنن المصابيح كذلك يجب ألا يزيد التيار المار عن المقنن للمصابيح وذلك للحفاظ على عمر تشغيل مناسب للمصابيح.

الجدول رقم (4-15): البيانات الفنية للمصابيح المتوقعة المستخدمة لإضاءة الطرق بنظام التوازي دائما جهد مصدر وحيد الطور بقيمة 115،120،125 فولت

متوسط الفيض الضوئي على مدى عمر المصباح Lumens	الفيض الضوئي الأولي للمصباح الجديد Lumens	متوسط العمر hr	الفيض الضوئي Lumens	القدرة Watt
2,450	2,800	1500	2,500	175
3,800	4,600	1500	4,000	268
5,700	6,650	1500	6,000	370
9,160	11,000	1500	10,000	375
13,510	15,200	1500	15,000	800

النظام الثاني: دائرة مصابيح التوازي المتعدد Multiple system

في هذا النظام يتم توصيل المصابيح على التوازي وتوزع بانتظام على مخرجات الثلاثة أطوار القادمة من المحول المغذي بالتوزيع الكهربي وهناك طريقتين مختلفتين لنظام دوائر التوازي، حيث في أحدهما يتم التحكم في مصدر التغذية من خلال قاطع تيار في دائرة التغذية الرئيسية لمحول التوزيع، أما في الأخر فيكون التحكم من خلال قاطع تيار في الدوائر الثانوية لمحول التوزيع. بناء على ذلك نستطيع أن نتعدد المصابيح مادامت في إطار القدرة الكلية

للمغذي الكهربي أي الكابل الكهربي المعني بتغذية القدرة لهذه المصابيح حيث يتميز هذا النظام في سهولة تتبع المصابيح الفاسدة وتغييرها بسهولة بينما في النظام السابق يتعذر ذلك ومن ثم يكون هذا النظام هو الأفضل من الناحية الفعلية والعملية.

رابعا: مصادر الإضاءة

تستخدم أنواع متعددة من المصابيح فمنها المتوهجة (Incandescent Lamps) والزئبقية أو الفلورسنت والصوديوم والتي توصل أما على التوالي أو التوازي.

1- المصابيح المتوهجة (Incandescent Lamps)

تكون الكفاءة الضوئية للمصابيح المتوهجة المستخدمة في إضاءة الطرق حوالي 21m/w ، أما عن خصائص المصابيح المتوهجة المستخدمة لإضاءة الطرق بطريقة دائرة متصلة على التوالي (Series circuit) وعلى التوازي (multiple circuit) ، فنجد أن الجدول رقم 4 - 15 يوضح البيانات الفنية للمصابيح المتوهجة المستخدمة لإضاءة الطرق بنظام التوازي جهد 115,120,125 فولت . على الجانب الآخر نجد أن الجدول رقم 4 - 16 يحصر أهم البيانات الفنية للمصابيح المتوهجة المستخدمة لإضاءة الطرق بنظام التوالي.
توجد أنواع مختلفة من الكشافات تستخدم مع المصابيح المتوهجة حيث يستخدم لتوصيله التوالي أو التوازي فمنها أنواعا تصلح للأعمال الشاقة بمصابيح متوهجة لها فيض ضوئي 10000-15000 lm بينما يستخدم النوع الآخر مع مصابيح ذات فيض ضوئي في حدود 10000-25000 lm.

الجدول رقم 4 - 16: البيانات الفنية للمصابيح المتوهجة المستخدمة لإضاءة الطرق بنظام التوالي

متوسط العمر hr	القدرة الداخلة (تقريبا) watt	جهد بداية التشغيل Volt (تقريبا)	التيار Amp	الفيض الضوئي الأولي Lumens
2000	142	21.5	6.6	2,500
2000	143	21.6	6.6	2,500
2000	216	32.8	6.6	4,000
2000	207	13.8	15	4,000
2000	207	13.8	15	4,000
2000	320	48.4	6.6	6,000
2000	298	14.9	20	6,000
2000	298	14.9	20	6,000
2000	526	79.7	6.6	10,000
2000	488	24.4	20	10,000
2000	488	24.4	20	10,000
2000	718	35.9	20	15,000
2000	718	35.9	20	15,000

2- مصابيح الزئبق

توجد أنواع متعددة من مصابيح بخار الزئبق ومصابيح الزئبق الفلورسنتية والمصممة لإضاءة الطرق.

خامسا: الملحقات fittings

تتباين نوعيات الكشافات مع المصابيح المختلفة وخصوصا مع المصابيح الأكثر شيوعا في إنارة الطرق وهي مصابيح الزئبق والتي عادة ما يكون لها قدرة 100 أو 175 أو 250 أو حتى 400 وات وهو الذي يكون مجهزا داخلياً بكابح التيار، وتمثل أنواع الملحقات (Types of fittings) تباينا كبيرا نوجز أكثرها إنتشارا في الأشكال التالية:

أ) كشاف من نوع قطع الضوء (Cut-off type fitting)

في هذا النوع نحصل على أقل بهر (glare) حيث ينبعث أغلب الضوء عند زاوية أقل من 75° (مقاسة مع المحور الرأسي)، بينما لا ينبعث الضوء في الحدود الأعلى من هذه الزاوية.

ب) كشاف من نوع عدم قطع الضوء (Non-cut- off type fitting)

هذا النوع لا يحدث انخفاض في شدة الاستضاءة (Luminous intensity) بين الزاويتين 70° ، 90° (مقاسة مع المحور الرأسي)، وهو يصنف إلى:

1- النوع ذو حزمة إضاءة توزيع بزاوية عالية

2- النوع ذو حزمة إضاءة توزيع بزاوية عالية

نجد أنه في هذا النوع تحدث أقصى شدة استضاءة عند الزاوية 75° (مقاسة مع المحور الرأسي) وتحصل من النوع ذي الزاوية المتوسطة على بهر أقل على الرغم من أننا لا نحصل منه شدة إضاءة منتظمة مثل النوع ذي الزاوية العالية.

الجدول رقم (4 – 17): معدلات الدليل لوهج مواصفات التشكيلات لإضاءة الطرق

الدليل	التقدير	
1	Bad	سيئ
2	–	–
3	Inadequate	غير ملائم
4	–	–
5	Fair	مقبول
6	–	–
7	Good	جيد
8	–	–
9	Excellent	ممتاز

يمكن تصنيف هذه الكشافات المستخدمة في إضاءة الطرق على الشكل:

1- كشاف بعواكس

يتحكم في توزيع الإضاءة بواسطة أوجه عاكسة متعددة (تتراوح من 4 إلى 6 أوجه عاكسة) ويستخدم لإضاءة الطرق التي تحتاج إلى إضاءة عالية وكمية إضاءة مثالية على ارتفاع 10 متر.
حيث يركب كشاف ذو أربعة أوجه عاكسة لمساحات الطرق العادية وبعدد 6 أوجه عاكسة للمساحات الأكثر اتساعاً.

2- كشاف بعاكس ألومنيوم

يحتوي هذا الطراز من الكشاف على عاكس مطلي كهربياً ومصنع من الألومنيوم المسحوب وله وجه من الاكريلك الشفاف، كما أنه يستخدم لإضاءة الطرق الهامة والتي فيها يحتاج إلى إضاءة عالية وكمية إضاءة مثالية وعادة ما يتم تركيبه على ارتفاع حتى 10 متر.

ج. كشافات الطرق الجانبية

جسم الكشاف عادة ما يكون من الألومنيوم المسبوك ويطلى كهربياً ويعمل كعاكس للوحدة ويستخدم لإضاءة الطرق الصغيرة والمزدحمة وكذلك الشوارع الجانبية، وطرق السير على الأقدام وعابر المشاة، وأيضاً في الطرق الجانبية على الشواطئ وكذلك في الميادين وعادة ما يتم تركيبها على ارتفاع ما بين 4 إلى 6 متر.

سادساً: خصائص إضاءة الطرق

تعتبر المواصفات القياسية دليلاً كاملاً للمعايير الدولية في إضاءة الطرق وذلك يتم توجيه مصممي إضاءة الطرق تبعاً لتدريج ذي تسعة نقاط كما هو مبين بالجدول رقم (4 – 17)، هكذا يمكن أن نبين الخصائص الهامة التي تميز مزايا الإضاءة في حالات إنارة الطرق والشوارع وهي تحسين لأهم المعاملات التي تشكل عموماً من وجهة نظر كل من الموقع والإدراك المرئي السهل ومن ثم نستخلص أهم ثلاثة صفات مشتركة في إنشاءات إضاءة الطرق هي:

الشكل رقم 4 – 15 : (أ) تطبيق مصابيح

1. مستوى الضوء (Luminance level)

يكون عادة متوسط الضوء لسطح الطريق على الأقل 2 cd/m^2 كما أنها يحتاج إلى

2. انتظام الضوء على سطح الطريق (Uniformity of luminance pattern on the road surface)

عند تقييم الصفة رقم 7 (أي التقييم "جيد" في الجدول رقم 4 – 17) فإن النسبة L_{min}/L_{max} تكون على الأقل 0.7 بطول الطريق (حيث L_{max} ، L_{min} أقل وأقصى قيمة للضوء)، كما يكون أقل ضوء لسطح الطريق على الأقل مساوياً 40% من القيمة المتوسطة للضوء، كذلك يجب ألا يقل أقل ضوء لسطح الطريق على طول خط المركز للحارات عن 0.7 من القيمة القصوى للضوء على طول نفس الخط.

الجدول رقم 4 – 18: مقياس الدليل لتقييم التوهج

الدليل	التوهج		التقييم	
1	Unbearable	لا يحتمل	Bad	سيئ
2	–	–	–	–
3	Disturbing	مزعج	Inadequate	غير كافٍ
4	–	–	–	–
5	Just admissible	مقبول	Fair	معقول
6	–	–	–	–
7	Satisfactory	مرضي	Good	جيد
8	–	–	–	–
9	Unnoticeable	غير ملحوظ	Excellent	ممتاز

3- تقليل الإبهار (Glare Limitation)

يستخدم تدريج المستوى من 1 إلى 9 لتقييم الإبهار غير المريح لإنشاءات وتركيبات إضاءة الطرق والموضح له إطارا عاما في الجدول رقم 4 – 18.

وعموماً يجب ألا يقل مستوى الإبهار عن الرقم [illegible] بجدول التقييم هذا. بالإضافة إلى الصفات السابقة فإنه يؤخذ في الاعتبار كل من مظهر ودليل الألوان والتوجيه المرئي.

من هذا المنطلق نجد أنه عند تصميم إضاءة الطرق (Road Lighting Design) يجب معرفة البيانات التالية:

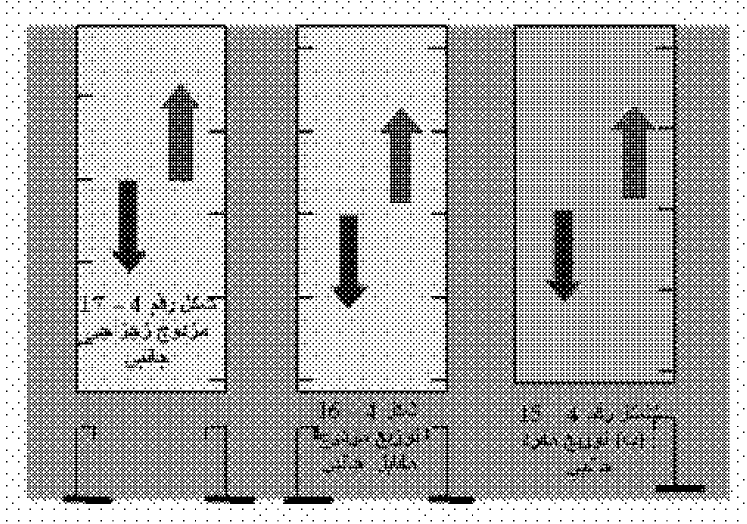
أ- تصنيف لمسار الطريق

ب- متوسط النصوع المطلوب

ج- درجة الانتظام المطلوبة

د- خصائص الانعكاس لسطح الطريق

هـ- درجة التوجيه المرئي المطلوبة



عندئذ يعتمد اختيار قدرة المصابيح والتدرج بينها على الارتفاع، والذي بدوره يعتمد على عرض الطريق، كما تتحكم صفات قطع الضوء أو عدم قطع الضوء وبينها على خصائص الطريق وما يحيط به. إضافة إلى أنه يجب أن يدخل في الاعتبار أيضاً التكلفة الاقتصادية. من الجهة الأخرى يكون تنظيم الإضاءة (Lighting Arrangement) متأثراً بكلا من شكل الطريق ومناطق الإضاءة مثل:

1-الطريق مفرد مخصص للمرور في اتجاهين متضادين

(Double-way Traffic Roads)

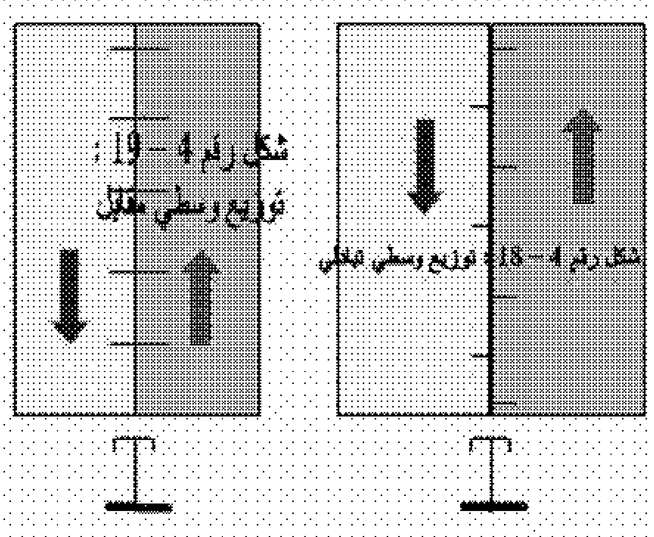
تصنف هذه الطرق من حيث الإضاءة إلي أربعة أشكال هي:

أ- تعليق مركزي (Centrally suspended)

في هذا النوع يتم تعليق وسائل الإضاءة (المصابيح) علي طول خط المحور للطريق وغالباً يستخدم هذا النوع في الطرق الضيقة والمحاطة بالمباني من كل جانب مما يؤدي إلي الاستعانة بأسلوب تعليق وسائل الإضاءة علي سلك أو حبل ممدود بين الأبنية خصوصا إذا ما كان تركيب أعمدة الإنارة يكون مستحيلا أو غير عمليا. ويوضح الشكل 4 – 15 (أ) هذا الطابع من توزيع الإنارة بالشوارع الصغيرة والضيقة.

ب) توزيع الإضاءة بأسلوب مفرد جانبي (Single sided)

تكون هذه الشوارع أكبر عن تلك السابقة ومن ثم يتسع المكان لتركيب الأعمدة كما نراها في الشكل رقم 4 – 15 (ب) ولكن هنا يتم تركيب الأعمدة علي أحد الجانبين لنهر الطريق وفي هذه الحالة نستطيع توفير 50% من أطوال الكابلات عما إذا ما تم توزيع الكابلات علي الجانبين مع الفارق في مقطع الكابل في الحالتين. تستخدم هذه الطريقة إذا كان عرض الطريق يساوي أو أقل من ارتفاع وسيلة الإضاءة ويكون النصوع علي الجانب المقابل أقل من النصوع علي الجانب المركب عليه وسائل الإضاءة. كما يمكن المزج بين أي من الطرق السابقة معاً.



شكل رقم 4 – 19 : توزيع وسطي متقابل

شكل رقم 4 – 18 : توزيع وسطي تبادلي

ج) الإضاءة المتقابلة (Opp osed)

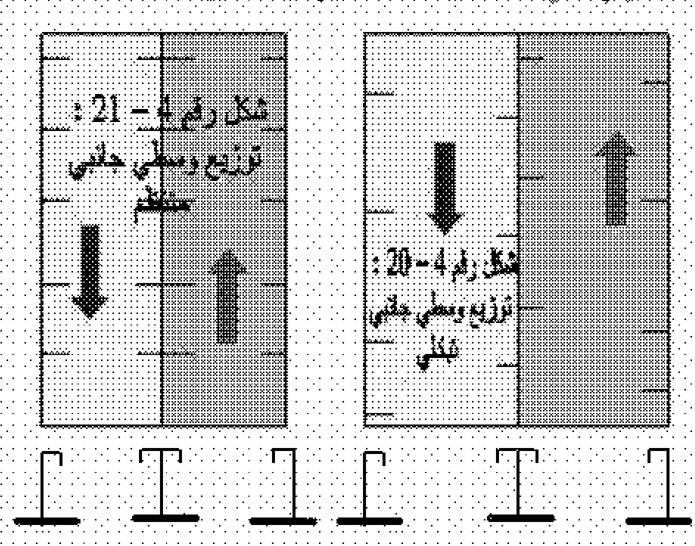
تثبت وسائل الإضاءة على جانبي الطريق وكل منهما مقابل الآخر، كما في الشكل رقم 4 – 16 حيث يستخدم هذا النوع من التوزيع الإضائي (توزيع مزدوج مقابل جانبي) إذا كان عرض الطريق أكبر من 1.5 مرة من ارتفاع أعمدة الإنارة (وسيلة الإضاءة).

د) إضاءة مزدوجة زجزاجية

تنظم وسائل الإضاءة على جانبي الطريق وتأخذ الشكل الزجزاجي كما نراه في الشكل رقم 4 – 17 وفيه يتم توزيع المصابيح على جانبي الطريق بطريقة تبادلية منتظمة ويلجأ إلى هذا الأسلوب إذا كان عرض الطريق يتراوح بين 1 , 1.5 مرة من ارتفاع وسيلة الإضاءة وفي هذا النوع يجب مراعاة التسوية على سطح الطريق حتى لا يحدث أي ازعاج من التأثير الناتج من الترتيب على شكل زجزاجي.

2 الطرق المزدوجة لمرور سيارات النقل والشاحنات

(Motorways and Dual ~ carriageways)



شكل رقم 4 – 21 : توزيع وسطي جانبي منتظم

شكل رقم 4 – 20 : توزيع وسطي جانبي تبادلي

تستخدم أيضاً نظم التوزيع المتنوعة والمتباينة لإضاءة الطرق الرئيسية المزدوجة لمرور سيارات النقل والشاحنات كل في نهر مستقل باتجاهه بالإضافة إلى أنه من المتاح وضع هذه الأنواع المختلفة لإنارة الطرق الكبيرة والرئيسية في الوسائل التالية:

أ) الإضاءة بمشبكة (Catenary)
في هذا النوع تستخدم أعمدة تثبت في منتصف الطريق، بين كل عمودين 80 إلى 90 متر، ويمد بين كل عمودين كابل مشد يعلق عليه وسائل الإضاءة، وتكون المسافة بين وسائل الإضاءة من 10 إلى 20 متر.

ب) الإضاءة المحورية بعمود من أكتاف مفردة Single-bracket
في هذه الحالة يستعان بالإضاءة المتوسطة للطريق (الشكل رقم 4 – 18) حيث يكون العمود حاملا لمصباح وحيد يوجه كل منهما في إتجاه نهر الطريق لإتجاه معين بالتبادل مع الثاني ويعتبر من أقل أنواع التكلفة ويمكن الإعتماد على هذه الطريقة في الطرق الرئيسية قليلة التكلفة أو كثيرة التكلفة.

ج) الإضاءة بعمود من أكتاف مزدوجة Double-bracket
يوضح الشكل رقم 4 – 19 الطريقة التي تعتمد على حامل الإضاءة مزدوج الأكتاف عندما يستخدم في منتصف الطريق بطريقة منتظمة. تعتبر هذه الطريقة أقل تكلفة من تلك السابقة لأنها تستخدم عمودا واحدا لكل مصباحين.

د) الإضاءة بعمود من أكتاف مزدوجة (Twin-bracket) وفردية
توجد هنا في عملية الإضاءة المطلوبة لإضاءة الطريق ونتناول عددا من النظم التوزيعية للإضاءة على سطح نهر الطريق وهي التي يمكن إيجاز أهمها على النحو التالي:

الأول : توزيع محوري جانبي تبادلي

تتمتع هذه الطريقة بالتوفير الإقتصادي من أجل تغطية أكبر مساحة أرضية من نهر الطريق مع تباين في مستويات الإضاءة على طول الطريق وهو ما نراه في الشكل رقم 4 – 20 حيث يتم الإستعانة بأعمدة ذات حوامل مزدوجة في منتصف الطريق بينما يتم تركيب أعمدة بحوامل فردية على جانبي الطريق.

الثاني: توزيع محوري جانبي منتظم

يكون هنا توزيع وتركيب كل الأعمدة على خط واحد بطول الطريق (الشكل رقم 4 – 21).

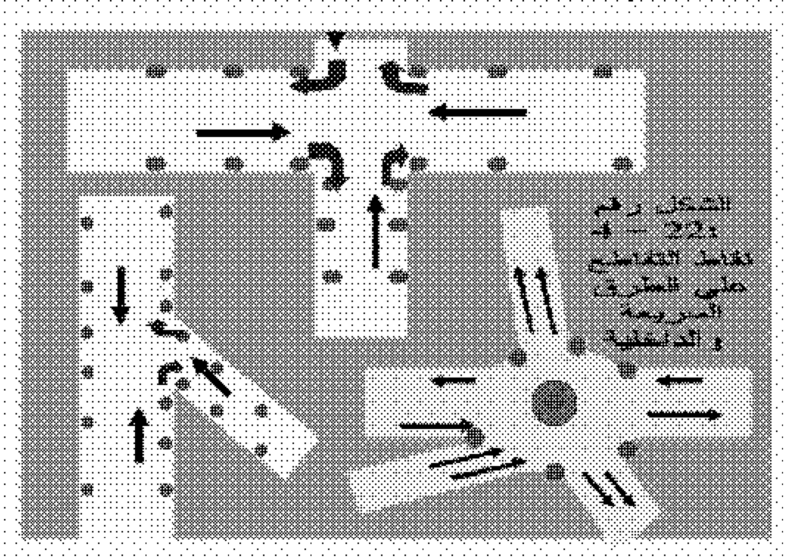
3- إضاءة المناطق الهامة

نظرا لأن الطريق يمثل مسرحا ديناميكيا للحركة بل وتلك الحركة السريعة التي قد تصل إلى حد الخطورة فيكون ضروريا أن نلجأ إلى أهم وأفضل الوسائل للعناية به ولكل الأرواح المستخدمة له من مشاة ومترجلين لوسائل النقل المختلفة أو مسافرين عبر هذه الطرق. كما أنه على الجانب الآخر يمكننا التعامل مع منبع الإضاءة بوسائل مختلفة من منبع تغذية مستقل إلى ذلك القائم من الشبكة حيث أنه في أغلب الأحيان تكون الطرق السريعة متسللة في الأماكن غير آهلة بالسكان وكذلك المناطق النائية، ولهذا يمكن اللجوء إلى الطاقة الشمسية أو تلك الجديدة والمتجددة بشكل عام أو بالإضاءة الموقعية من خلال وسائل إضاءة إنعكاسية تحت أو فوق أرضية. من ثم نركز على أهم نقاط الضعف في الطريق عموما وهو ما نضعه في البنود القادمة:

البند الأول: إضاءة نقاط التقاطع بالطرق

توجد أنواع مختلفة من نقاط تقاطع الطرق، وقد جاء بعضا منها في الشكل رقم 4 – 22 حيث أنه من الهام أن تكون إضاءة مناطق التقاطعات أعلى شدة وأكثر كفاءة عن باقي مناطق الطريق، وذلك لتمكين قائدي الحافلات والسيارات من الرؤية الجيدة والكاملة للطريق أثناء القيادة كما يمكن الإستعانة بإضاءة ملونة عند التقاطعات أو باستخدام وسائل تعليق مختلف عن الشوارع أو الطرق الطولية من أجل الإرشاد والتنبيه لقائدي السيارات من مناطق التقاطعات. من الناحية الأخرى تزداد كثافة الإضاءة عند نقاط التلاقي كما في الميادين العامة والتي تزداد خطورة وبالتالي أهمية عند تواجدها خارج المدن، علاوة على التقاطعات غير العامودية كما هو مبين في الشكل

رقم 4 – 22 وهو ما يؤكد على مدى أهمية وضع الإضاءة بشكل يساعد السائقين للسيارات والشاحنات خصوصا على الرؤية الجيدة وبالتالي تجنب أخطاء السير أو العبور.



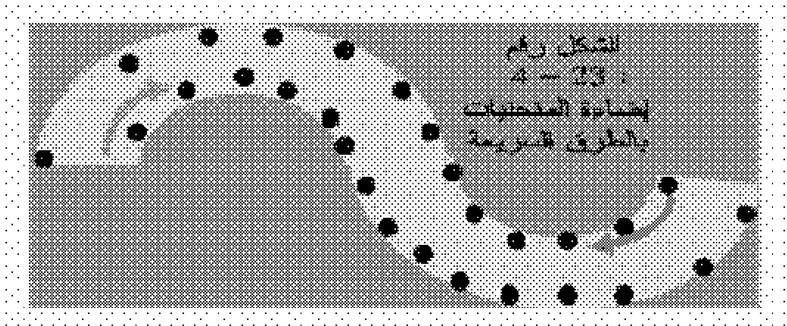
الشكل رقم 22 – 4 نقاط التقاطع على الطرق السريعة و الداخلية

الجدول رقم 4 – 19: توصيف حركة المرور بدلالة ازدحام السيارات

وصف الطريق بدلالة ازدحام السيارات (حركة المرور)	حجم حركة مرور السيارات بوحدات سيارة/ساعة (أقصى اتجاه/ساعة في ذروة الازدحام)
حركة مرور خفيفة جداً	< 150
حركة مرور خفيفة	150 – 500
حركة مرور متوسطة	500 - 1200
حركة مرور كثيفة	1200 – 2400
حركة مرور كثيفة جداً	2400 – 4000
أقصى كثافة لحركة المرور	> 4000

البند الثاني: إضاءة منحنيات الطرق السريعة

تعامل المنحنيات ذات نصف القطر الكبير، حوالي 300 متر، مثل الطرق الطولية من حيث الإضاءة بتنظيم وسائل الإضاءة بأحد الطرق المذكورة سابقاً، بينما تلك المنحنيات ذات الأقطار الأصغر فيلزم مراعاة الوضوح الكافي على سطح الطريق عند إضاءتها بالإضافة إلى توفير رؤية جيدة للعوائق. إذا كان عرض الطريق أقل من 1.5 مرة من ارتفاع وسائل الإضاءة فإن وسائل الإضاءة تنظم كما نرى أسلوباً منها في الشكل رقم 4 – 23. للطرق العريضة يستخدم التنظيم المتقابل، بينما التنظيم الزجزاجي فإنه يعطي رؤية ضعيفة ولذا يجب عدم استخدامه لجميع المنحنيات. فإن المسافة بين أعمدة الإضاءة تعتمد على نصف قطر المنحنى – أي أنه كلما قل نصف القطر كلما تقاربت الأعمدة، وكقاعدة عامة فإن المسافة بين كل عمودين تتراوح بين 0.5 , 0.75 % من قيمة المسافة بين كل عمودين لنفس طريقة التنظيم المماثلة المستخدمة في الطرق المستقيمة أو المنحنيات المحاطة بالمباني. جدير بالذكر أن المقننات العالمية لإضاءة الطرق تضع توصيات منطقية لمستويات شدة الإضاءة والوضوح المطلوبين لإضاءة الطرق والشوارع تبعاً لتوصيف الطرق والشوارع بالنسبة لحركة مرور المشاة والمارة.



الشكل رقم 4 – 23 : إضاءة المنحنيات بالطرق السريعة

فمثلاً يوضح الجدول رقم 4 – 19 توصيفاً لحركة المرور مقارنة بأعداد السيارات بينما الجدول رقم 4 – 20 يوضح هذا التوصيف ولكن بدلالة كثافة المارة (المشاة)، كما يؤثر عامل الانعكاس (reflection factor) على أسطح الطرق والشوارع تأثير محدد على فاعلية تصميمات الإضاءة، تبعاً لذلك يجب تحديد قيمة عامل الانعكاس لأسطح الشوارع والطرق المطلوبة.

الجدول رقم 4 – 20: توصيف ازدحام المشاة (المارة)

التوصيف	حجم التمازج بين مسالك السيارات
غير موجود	لا يوجد مارة تقريباً، كما في الطرق السريعة
منخفض	مثل الشوارع بالمناطق السكنية المتوسطة
متوسط	شوارع الأعمال التجارية الثانوية (الفرعية)
كثيف	الشوارع التجارية الرئيسية

من الجدولين رقمي 4 – 19 و 4 – 20 ومع الأخذ في الاعتبار عامل انعكاس 3% نصل إلى قيمة متوسط شدة الإضاءة الأفقية تبعاً للتوصيات الأمريكية (A.S.A Standard D 12.1)، كما جاءت في الجدول رقم 4 –

21 حيث أن القيم المذكورة هي أقل قيم ممكنة لمتوسط شدة الإضاءة لحركة المرور، ويؤخذ في الاعتبار أن صفة وأرضيات الشوارع بين مواقع الطرق، ويجب ألا تقل قيمة لشدة الإضاءة عند نقطة عن ربع القيم المتوسطة المعطاة في هذا الجدول. إن هذه البيانات صحيحة إلا أنه تكون أقل قيمة لشدة الإضاءة عند أي نقطة أقل من عشر القيمة المعطاة بالجدول في حالات المرور الخفيفة جداً. ويلاحظ أن عامل الانعكاس 3% هو عبارة عن تمثيل لأرضية شوارع غير جيدة، وإذا كان عامل الانعكاس 10% فإن قيم شدة الإضاءة بالجدول رقم 4 – 21 تقل بنسبة 33% بينما إذا كان العامل 20% أو أكثر فإن القيم تقل بنسبة 50% عن المعطاة المعمول بها.

الجدول رقم 4 – 21: مستويات شدة الإضاءة بالشوارع

حركة المرور المعطاة تبعا للجدول 4 – 20	وصف الطرق بدلالة استخدام السيارات (حركة المرور): حركة مرور خفيفة جداً (أقل من 150 سيارة/ساعة)	حركة مرور خفيفة (150-500 سيارة/ساعة)	حركة مرور متوسطة (500-1200 سيارة/ساعة)	حركة مرور كثيفة (أكثر من 1200 سيارة/ساعة)
	Fc (Lm / ft²)	Fc (Lm / ft²)	Fc (Lm / ft²)	Fc (Lm / ft²)
كثيفة	0.9	1.2	1.5	1.8
متوسطة	0.6	0.9	1.2	1.5
خفيفة أو منعدمة	0.3	0.6	0.9	1.2

يجب مراعاة أن تكون شدة الإضاءة لتقاطعات ممرات الطرق أعلى من القيم المسجلة بالجدول رقم 4 – 21 حيث أن شدة الإضاءة عند التقاطع تكون على الأقل مساوية لمجموع قيم شدة الإضاءة للشوارع أو الممرات المكونة للتقاطع، بينما نجد أن الجدول رقم 4 – 22 يقدر مستويات شدة الإضاءة تبعاً للمواصفات القياسية البريطانية.

الجدول رقم 4 – 22: المواصفات القياسية البريطانية 1944-1961 : وأقل شدة الإضاءة بوحدات Lux للشوارع وطرق المدن

وصف الطرق بدلالة كثافة المارة	وصف الطرق بدلالة استخدام السيارات (كثافة حركة المرور): خفيفة جداً (أقل من 150 سيارة/ساعة)	خفيفة (150-500 سيارة/ساعة)	متوسطة (500-1200 سيارة/ساعة)	كثيفة (أكثر من 1200 سيارة/ساعة)
كثيفة (مناطق رئيسية للأعمال التجارية)	0.4	0.5	0.8	1.1
متوسطة (مناطق ثانوية للأعمال التجارية)	0.4	0.5	0.5	0.8
خفيف/منعدم (شوارع أو طرق طوالي)	0.4	0.5	0.5	0.5

بمراجعة المعدلات الواردة في الجدول رقم 4 – 22 نستطيع أن نخلص إلى عدداً من المفاهيم الجوهرية مثل:

1- شدة الإضاءة المعطاة على أساس أن عامل الانعكاس يساوي 10%، أما إذا كان الانعكاس أضعف من تلك القيمة خصوصاً مع التلوث البيئي فيجب تحسين شدة الإضاءة.

2- مستويات شدة الإضاءة أعلى كثيراً والتي تتغير من 4 Lux للطرق الثانوية ذات الازدحام الضعيف إلى 30 Lux للطرق الهامة.

خصائص مصابيح التفريغ
Discharge Lamps Performance

مع ظهور التفريغ الكهربي وما يصاحبه من أشعة مرئية - أو غير مرئية والتي تبين إمكانية تحويلها إلي مرئية مع التقدم العلمي – مما جعل موضوع التفريغ في الغازات عملا هاما يحتاج إلي المزيد من البحث والدراسة وبعد أن تعرفنا علي مصابيح النيون والفلورسنت نجد أنه من الممكن أيضا دخول غازات أخرى إلي الميدان فيجعل التفريغ بكفاءة أعلي من الناحية الضوئية ولذلك نجد مصباحين هامين قد ظهرا في ميدان الإضاءة مثل الصوديوم والزئبق وقد تطور الأخير بالخلط مع المعادن ومنها ظهرت مصابيح الهاليد كما أن الخواص قد تتباين لذات الغاز أو المعدن المستخدم إذا تغير الضغط داخل أنبوبة التفريغ وهو ما أتاح العديد من التطبيقات لأي من هذه النوعيات وهو الموضوع الذي سوف نستعرضه بالنسبة لهذه الأنواع الثلاثة في البنود التالية.

5-1: مصباح الصوديوم Sodium Lamp

يوجد نوعان من مصابيح الصوديوم تبعا للضغط بداخلها نفرد لهما السطور التالية.

أولا: مصباح الصوديوم منخفض الضغط
Low Pressure Sodium Lamp

تعمل هذه المصابيح عند الضغط المنخفض (حوالي 3 ملي مم زئبق) وهو الضغط الأمثل لتحويل الطاقة من القوس الكهربي داخل الغاز إلي طاقة ضوئية مرئية وتتكون من:

1- أنبوبة زجاجية علي هيئة حرف U تتحمل درجات الحرارة العالية وتأخذ هذا الشكل كي تقلل من طول المصباح فيقل معها حيز إشغال المصباح للمكان علاوة علي مضاعفة كفاءة الضوء وهي أطول من المسافة القصيرة الفعلية كما يكون سهلا في أعمال الصيانة.

2-تحتاج الأنبوبة السابقة إلي غاز قابل للتأين ويعطي أشعة مرئية أو غير مرئية يمكن تحويلها إلي مرئية سواء كان ذلك بطريقة مباشرة أم لا ولذلك يوضع بداخلها الصوديوم (حيث أن نقطة انصهاره أعلي قليلا من الزئبق فنجد أن الحرارة مرتفعة) والنيون بجانب مادة الأرجون وهو الغاز الحامل وبنسبة 1 % كي يعمل علي خفض جهد التأين في الغاز الناتج مثل بخار الصوديوم حيث تحتاج عملية التفريغ إلي وعاء وغاز قابل للتأين بجهد المنبع المسلط عليه.

3- وسيلة بدء التفريغ الكهربي داخل الغاز حيث توجد الفتيلة وعليها الطلاء من مادة تنبعث كي تساعد علي الانبعاث الإلكتروني من الكاثود وتستغرق عملية بدء التشغيل ما يقرب من 5-10 دقائق وإن كانت مدة طويلة إلا أنها تصلح في الأماكن التي يستمر فيها الضوء والإضاءة لمدة طويلة مثل إنارة الشوارع والأسواق ومواقف السيارات والمخازن وأرصفة الموانئ والمطارات والسكك الحديدية والمناجم والمعابر. ويكون مناسبا أكثر في حالة الضباب حيث يخترق اللون الأصفر هذه الكثافة المعتمة المميزة للضباب.

4- توضع هذه الأنبوبة داخل وعاء زجاجي أنبوبي أيضا مزدوج الجدارين حيث يطلي الوسط الداخلي بمادة الصوديوم بطريقة متجانسة ومتساوية التوزيع علي طول الأنبوبة ويجب أن يتجه رأس المصباح إلي أعلي كي لا يترسب الصوديوم أسفل المصباح بجوار القطب (الفتيلة) ومن الممكن أن يوضع أفقيا أيضا. وللمحافظة علي درجة حرارة المصباح يجب منع الفقد الحراري من تيارات الحمل والتوصيل الحراري بالعزل الحراري الجيد وهو ما يدعوا إلي وجود هذا الغلاف الزجاجي كما أن تواجد أكسيد الأنديوم الرقيق (0.31 ميكرو متر سمك) يعمل علي

تحسين كفاءة الإضاءة لأن هذه الطبقة تعمل كعاكس ضوئي خصوصاً وأن اللون هنا يكون خاليا من اللون الأحمر فتقل الحرارة. ويعطي الجدول3-1 تغير الكفاءة لنوع الأنبوبة كما يظهر تعادل القدرات داخل المصباح بالصيغة:

قدرة الدخل للمصباح= فقد في الأقطاب + الفقد في التفريغ الكهربي (1-5)

الجدول رقم 5-1 :تأثير طلاء الأنبوبة علي كفاءة الإضاءة (لومن/و)

نوع العزل (طلاء)	أقصى إضاءة (و)	(لومن/و)
أنبوبة غير معزولة	1150	65
أنبوبة محاطة بأخرى مفرغة	490	110
الأنبوبة الخارجية مطلية بأكسيد الصعيح	200	160
الأنبوبة الخارجية بطلاء بأكسيد الأنديوم	166	180
أنبوبتان خارجية بطلاء أكسيد الأنديوم	110	200
أنبوبتان خارجية بطلاء أكسيد الأنديوم والمصدر موجات مستطيلة (غير جيبية)	110	220

يتم توصيل هذا المصباح في الدائرة الكهربية مع مقاومة أو ممانعة (ملف) من أجل توزيع الجهد علي المصباح وباقي مكونات الدائرة وكذلك من أجل تقليل التيار المار بالمصباح ويعطي هذا المصباح ضوءا يميل إلي الاحمرار في بداية عملية التفريغ ولكنه يتحول إلي اللون الأصفر بعد الاستقرار وسخونة الغاز والذي تصل حرارته إلي حوالي 260 ْم، ولكن كفاءة الإضاءة مرتفعة حيث تصل إلي 160– 180 لومن/ و ولأن الإشعاع الصادر له طول موجي يقرب من 589 نانو متر وبذلك يقترب من الأطوال القصوى للضوء المرئي وهذا النوع يستخدم في إضاءة الشوارع لأن أمانة نقل الألوان ضعيفة ومن ثم لا نحصل علي ألوان الأشياء مثل الحقيقية، ويوجد نوعان من مصابيح الصوديوم منخفض الضغط هما مصباح وحيد النهاية Single ended lamp ومصباح مزدوج الأطراف double ended linear lamp فنري أن القدرة تتوزع علي المصباح ومكوناته في الصورة:

قدرة الفقد في المصباح = فقد حراري + إشعاع التفريغ (2-5)

أما عن دائرة المصباح فنراها في الشكل رقم 5-1(ب) حيث يتم التوصيل مع محول ذاتي لتجهيز جهد اشتعال (400-600 ف)، ونري أن الفقد الحراري يمثل بالمعادلة

الفقد الحراري = فقد الأقطاب + فقد الحجم والجدران بالطلاء عليه (3 - 5)

قد يضاف مكثف علي التوازي لتحسين معامل القدرة المنخفض والذي يقترب من 0.3 ، ويضع الجدول رقم 5-2 مقننات هذه المكثفات وهناك طريقتان للتوصيل (الشكل رقم 5-1):

(أ) التوصيل الحثي باستخدام بادئ تشغيل (الشكل أ)

(ب) توصيل محول التسرب (محول ذاتي) لتجهيز الفتيلة للانبعاث الإلكتروني (شكل ب).

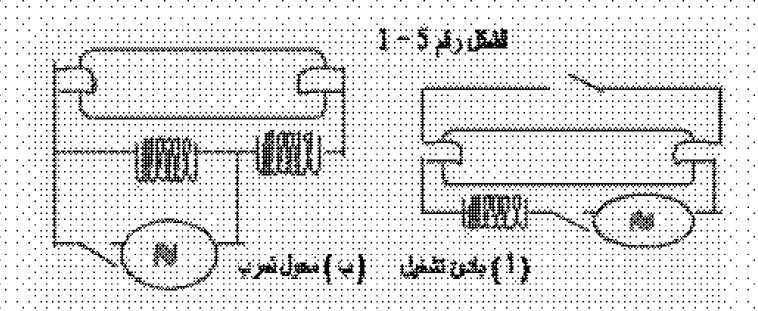
كما نجد أن الإشعاع هو مصدر الإضاءة ولذلك يمكن تبسيط قيمته في الشكل الرياضي:

إشعاع التفريغ = إشعاع الطيف المرئي + إشعاع ما دون الأحمر (4-5)

كما أنه بجانب ذلك نجد أن القدرة في التفريغ الغازي تتمثل في

القدرة في التفريغ الغازي = الفقد في الحجم والجدران بالمصباح + إشعاع التفريغ (5-5)

الشكل رقم 5 – 1



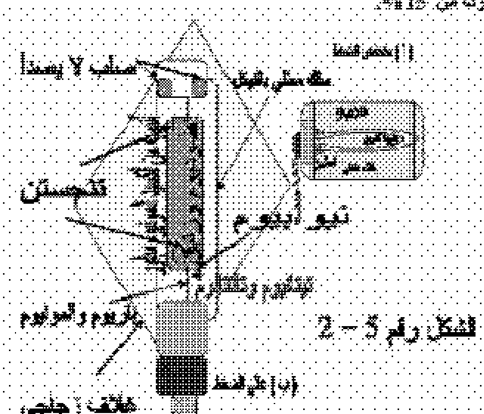
حيث أن كفاءة الإضاءة عالية في هذه الحالة كما تظهر معاملات مؤثرة علي الضوء الناتج عن هذه المصابيح ومن ثم يحتاج إلي التنويه عن عدد من النقاط الجوهرية وهي:

1- اتجاهات الإضاءة وهي تتعامل مع الفراغ ولذلك يكون هناك ثلاث محاور متعامدة (الكارتيزيان) وقد تتباين قيمة الضوء لنفس المسافة علي كل منهم، وهو الأمر الذي يتضح مع خصائص المنحني القطبي لشدة الإضاءة علي كل من هذه المحاور.

2- توزيع الإضاءة السطحية وهي أيضا قد تختلف من مكان إلي آخر مما يكون من الضروري معه التعرف علي هذه الخاصية لتحديد صلاحية هذه المصابيح في الإضاءة المطلوبة وهو ما يتحدد من خلال خواص المنحني القطبي عند كل نقطة.

3- الظلال ومنها الأفقية وكذلك الرأسية فالأولى تتأثر بارتفاع المصدر الضوئي عن السطح المضاء وكلما ارتفع المصباح كلما زادت الظلال الأفقية بينما الثانية تعتمد على زاوية انتشار المصدر الضوئي وتكون جيدة مع الكشافات الضوئية ضيقة الزاوية مثل مصباح البقع الضوئية والمستخدم عادة في الأعمال المسرحية.

بالنسبة لعمر المصباح حيث يزيد من عمره حسن اختيار المواد المكونة له وكذلك تكنولوجيا تصنيعه لأن المصباح ينتهي عمره بفقد الفتيلة من بث الإلكترونات الحرة بسبب توزيع الصوديوم ودرجة حرارة تشغيله يؤثران في هذا العمر وكلما قلت درجة الحرارة كلما زاد العمر وهو ما يمكن الوصول إليه بزيادة الأرجون لتزيد من عملية التأين لرفع جهد التفريغ الكهربي striking voltage ويتراوح المتوسط في حدود 15000 ساعة كما هو مبينة الصورة بالتقادم الزمني للتشغيل بنسبة تقترب من 15%.



الشكل رقم 5 – 2

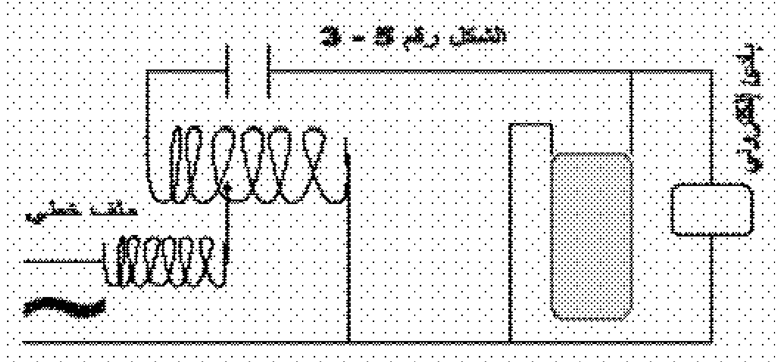
هكذا نحصل على الإضاءة الجيدة من مصباح الصوديوم منخفض الضغط إلا أن القوس الكهربي في الصوديوم ينتج مباشرة الأشعة المرئية دون الحاجة إلى المواد الفسفورية ولا تعتمد كفاءة الإضاءة على جهد المنبع نظرا لأن فقد الجهد لا يزيد في الغالب عن 1% من المنبع ولكن يعيبه طول فترة البدء (10 ق) وعند إعادة البدء السريع لا يحتاج إلى هذه الفترة نظرا لأن المصباح لم يبرد إلى حالة استقرار بعد الفصل ويبين الشكل 5-2 التركيب العام لمصباح الصوديوم منخفض الضغط ويوضح توزيع مواقع بوتقة الصوديوم على طول مسار الأنبوبة لضمان التوزيع الحراري المنتظم بها حيث ينكثف بخار الصوديوم مقللا من كفاءة الإشعاع ولكن بهذه البوتقة والموزعة كما هو مبين في الشكل حيث نتحاشى الأشعة المتولدة وكذلك المصابيح مكثفات محددة بالجدول 5-2 إضافة إلى ذلك نجد أن مصابيح التفريغ في مبدأ المبدأ تعتمد على المكونات ومن المواد المصنعة منها وكذلك الشكل ودرجة حرارته والمواد المطلوبة مع الغاز الأمثل مما يشجع العلماء على البحث كما في هذا الاتجاه وصولا إلى أفضل ضوء مع [illegible] أمانة في نقل الألوان نحو الإتساع.

الجدول رقم 5-2 مكثفات تصحيح القدرة لمصباح الصوديوم

قدرة المصباح (W)	35	45	55	60	90	140	180
سعة مكثف التوازي (µF)	20		20		13.5 ×2	13.5 ×2	25+20
قدرة مكثف (VAR)		350	355		360	380	

فإن المحول الذاتي سائدا في الماضي ولكن الموجة المختلطة ترفع القدرة الضوئية وتقلل من جهد البدء فظهر الملف المعروف باسم الكابح الهجين hybrid ballast وهو يحتوي على بادئ إلكتروني مستقل وكابح للتيار في صورة ملف ذي عنق خطي الحرفي يخالف ملف التشبع عبر الخطي ومكثف مما يظهر نبضة الموجات التوقفية (لمصباح الذاتية) وهو ما ينتج نبضات بجهد 950 ف بتردد 50 ك هيرتز أثناء البدء (الشكل رقم 5-3)، وبالتالي ينفصل تلقائيا بعد نجاح البدء مع توفيه مكثف لمنع التداخل الموجي ويظهر الجدول رقم 5-4 المقارنة بين المحول الذاتي والكابح الهجين لمصباح قدرة 90 وات.

الشكل رقم 5 - 3



الجدول رقم 5-3 : المواصفات القياسية لمصابيح الصوديوم منخفضة الضغط

قدرة المصباح (و)	جهد البدء (ف)	جهد المصباح (ف)	كفاءة الضوء (لومن/و)	طول المصباح (مم)
18 / 35	390	70	100 /133	216/310
55	410	105	145 -140	425
90	420	115	150 -140	528
135	575	160	167 -159	775
180	575	245	183	1120

ب

بعد أن تحسنت الخواص وتقدمت الصناعة لهذه النوعية من المصابيح تداولت بكثرة وعلي نطاق واسع كما نرى في الجدول 5-4 المقنن منها ومواصفاته الأساسية مع إظهار الجهد الأدني لتشغيل المصباح وهي من الصفات الجوهرية لهذه النوعيات من المصابيح كما أنه يبين أيضا قيمة الجهد علي المصباح وهو ذو علاقة بالجهد من المنبع والذي يتوزع بأسلوب المتجهات علي المصباح والملف الخانق الذي يدخل علي التوالي معه في الدائرة الكهربية.

الجدول رقم 5-4 : مقارنة بين مواصفات المحول الذاتي والكابح الهجيني

البيان	وزن (كجم)	فقد (و)	3 rd Harm %	كفاءة لومن/و	تيار اللاحمل/ تيار المصباح	إعادة البدء
محول ذاتي	7.7	35	40	107	3	غير لحظي
كابح هجيني	3.3	21	7.5	118	0.9	لحظي

ثانيا: مصباح صوديوم ضغط عالي *High Pressure Sodium Lamp*

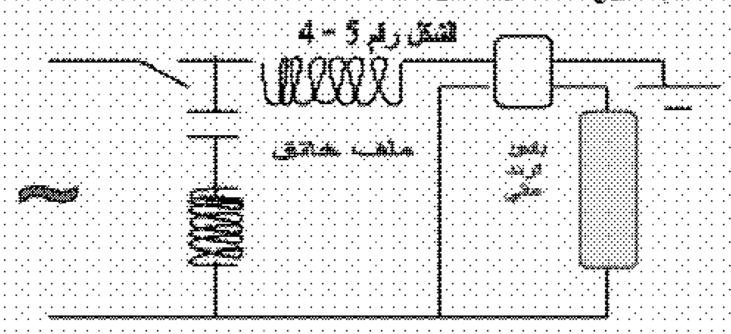
إن الضوء الصادر عن مصباح الصوديوم آحادي اللون ولكن بالنسبة لزيادة الضغط إلي حدود 60 مم زئبق يتحول طول الموجة إلي مدي أوسع من الأطوال فيظهر اللون الأبيض الذهبي مع تداخل لموجة اللون الأحمر والأصفر بجانب قليل من اللون البنفسجي والأزرق، ويرجع اتساع مدي الطيف اللوني هنا إلي رفع درجة الحرارة حتى 1500°م وبذلك لزم إحكام غلق أنبوبة التفريغ عند النهايات ومع الأقطاب أيضا لتواجه هذه الزيادة الحرارية العالية، ويتم ذلك بمساعدة المعادن والزجاج إضافة إلي اكتشاف مادة أكسيد الألومنيوم (الألومنيا) متعدد البلورات والمتبلد وهي مادة لها من الخصائص المميزة تساهم في مهمة إيرتقرز الإضاءة وما يتبعها من ضرورة إحكام غلق الأنبوبة.

الجدول رقم 5-5 :مقننات مصابيح الصوديوم منخفض الضغط المتداولة في الأسواق

قدرة (و)	جهد مصباح (ف)	أدني جهد تشغيل (ف)	تيار (أ)	أقصي ضوء (لومن)	الكفاءة (لومن/و)
45	80	340	0.6	3500	78
60	105	340	0.6	5000	83
85	160	400	0.6	8000	94
140	160	410	0.9	13000	93
200	260	600	0.9	22000	110

تتكون الأقطاب من ملف من تنجستن مطلي بطبقة إنبعاثية ويثبت على قضيب من ذات المعدن ويمتد من خلال أنبوبة من معدن النيوبيوم بمعامل التمدد يساوي لمعامل أنبوبة التفريغ مجوفة لتفريغ الأنبوبة الرئيسية والتي تصنع من مادة السيليكون [illegible] والغاز الخامل (الشكل رقم 5-4 ب). وتحتوي أيضا أنبوبة التفريغ على [illegible] مصباح الزئبق) كما توضع هذه الأنبوبة داخل غلاف زجاجي مفرغ [illegible] من التأثيرات الخارجية [illegible] [illegible]

الشكل رقم 5 – 4



1- [illegible] الفقد الحراري لأن [illegible] [illegible] [illegible]

2- يقلل الفقد الكهربي [illegible] [illegible] (negative characteristic)

[illegible] (الشكل رقم 5-4) [illegible] [illegible] [illegible] (1.8 – 5 ك ف) ، ويضاف أيضا ناشرا للضوء في حالات الإضاءة الغامرة خصوصا في إنارة الملاعب الرياضية الكبرى وأرصفة الشحن والموانئ والمطارات بالرغم من قلة مستوى نقل الألوان بأمانة كاملة ولكنه صالح عند عدم الحاجة إلى الألوان وعند ضرورة إضاءة الموقع بشكل مكثف ويحدد الجدول رقم 5-6 بعضا من المصابيح المتداولة في الأسواق.

يتأثر عمر المصباح والذي يصل إلى 24000 ساعة (عمر طويل) وبعدد مرات البدء خصوصا وإنه يعمل على تردد عالي وعدد مرات ارتفاع الجهد من المصدر ويعتمد إلى حد كبير على مكونات المصباح ذاته ويتواجد على HF Ignition الساحة عددا من النوعيات المتطورة نذكر منها مصباح الصوديوم وأكسيد القصدير Tin- Oxide Sodium Lamp ويعرف بالرمز TOX ويعطي فيها اللون الأصفر ويصلح للأنفاق والمحاجر والطرق السريعة

وهذه النوعية من أكثر المصابيح انتشارا على المستوى الدولي وليس بالدول العربية وحدها وهو في متناول الجميع أفرادا وصناعة أو إدارات ويهبط السعر باستمرار.

5-2: مصباح الزئبق Mercury Lamp

يرمز لهذه النوعية بالرمز HPMV وهو يعني مصباح بخار الزئبق عالي الضغط High Pressure Mercury Vapor Lamp حيث يشابه مصباح الصوديوم عالي الضغط إلا أن الزئبق يحل محل الصوديوم ويدخل في هذه الصفات بعضا من التعديلات سواء في المادة المساعدة أو أسلوب العمل بها وحتى لا يتكرر الكلام نتناول هذا المصباح في نقاط كما يلي:

الجدول رقم 5-6 : أنواع مصابيح الصوديوم عالي الضغط المتداولة في الأسواق

نوع	قدرة (و)	أقصى ضوء (لومن)	قطر متوسط (مم)	أقصى طول (مم)	مكان استخدام
كروي	35 70	2000 4800	126 126	190 190	مناطق سكنية وشوارع داخلية
أنبوبي	150 250 400	12500 23000 38000	46 46 46	211 257 285	شوارع داخلية موانى ومطارات
بيضاوي	35 70 150 250 400	1850 4800 12000 22000 36000	55 70 90 90 120	130 156 226 226 285	شوارع عامرة لأرصفة شحن وملاعب كبيرة

أولا: تكوين المصباح

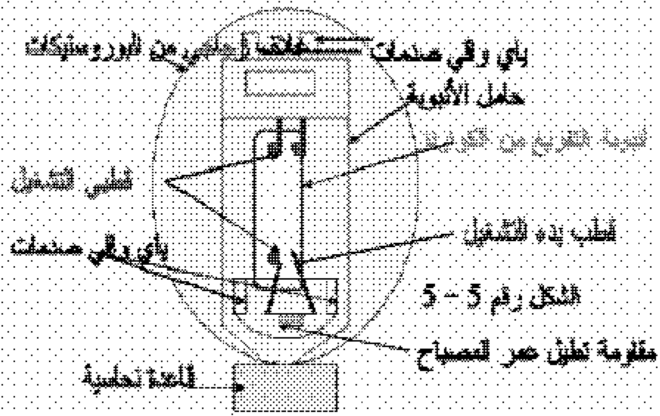
يتكون المصباح كما نراه تخطيطيا في الشكل رقم 5-5 مثل مصباح الصوديوم عالي الضغط ويظهر بجانب القطبين الرئيسيين قطبا ثالثا مساعدا في عملية بدء الإشعال وقد يكون هذا القطب المساعد قطبين بدلا من واحد وضغط المصباح يتراوح بين 2 و 10 بار به بخار مع الغاز الخامل وهي مصابيح عالية الكثافة، ويتم توصيل القطب المساعد هذا مع القطب البعيد في الطرف الآخر من الأنبوبة من خلال مقاومة 10 – 30 كيلو أوم.

ثانيا: دائرة المصباح

تأخذ الدائرة الكهربية نفس الشكل الخاص بمصباح الصوديوم كما في الشكل 5- 1(أ) ولكن بدون بادئ خارجي حيث يعمل قطب البدء داخل الأنبوبة بهذا العمل وهو من يقوم بالبث الإلكتروني فيحدث التفريغ الداخلي ويستهلك البدء فيها حوالي (4–8 ق)، ومعامل القدرة لهذه المصابيح منخفضا (0.5) وبالتالي يحتاج إلي مكثف لتحسينه كما في الجدول 5-7.

أما متوسط الكفاءة الضوئية فهو يقترب من 50 لومن / وات ويحتاج المصباح إلي حوالي 4 دقائق للوصول إلي الضوء المقنن ويحتوي الطيف الصادر عنه على اللون الأحمر المائل إلي البياض والأبيض المائل إلي الزرقة

وتصل قدراتها إلى 2 ك و. متوسط عمر هو 100 ك ثومن ويطلي الغلاف من الداخل بمسحوق الفلورسنت ويحولا إلى الضوء الأخضر ويعيب أنها تتميز بالتعقيد من الإسعات والخصائص لهي رتبية الانتشار، وتستخدم في الشبكة الحديدية والمطارات والموانئ والورش والمراكز التجارية وكذلك الشوارع ويظهر في الجدول رقم 5- 8 عددا من المصابيح المتداولة من هذا النوع ومواصفاتها الفنية ، ويحتاج المصباح إلى مدة زمنية لإعادة التشغيل بعد الفصل وهو ما يعيب هذا النوع ولهذا يستخدم بجانبه نسبة ضئيلة المصابيح العادية لزيادة الإضاءة



الجدول رقم 5-7 :سعات المكثفات المستخدمة لتحسين معامل القدرة

قدرة المصباح (W)	50	80	125	250	400	1000
سعة مكثف (μF)	?	8	10	18	(13.5) 2	(20) 3
قدرة مكثف (VAR)	105	125	155	280	385	920

تعتمد كفاءة المصباح مثل الصوديوم على كثافة البخار داخل أنبوبة القوس الكهربي ومن الممكن تحسينها باستخدام المواد الفسفورية والاستعانة بفتيلة من تنجستن داخل أنبوبة التفريغ لتعمل مثل الخانق، وتعتمد نظرية عمل هذا المصباح على التفريغ في الغازات والتصادم الإلكتروني داخل الأنبوبة ولذلك يوجد قطب مساعد لإثارة الإلكترونات ويتميز هذا المصباح باحتوائه على ألوان الأزرق والأخضر والأصفر وفوق البنفسجي (254 نانو متر).

فيزيد من حرارة المكان فتظهر الأبخرة ويزيد الضغط وهو ما يؤدي إلى ضيق ممر التفريغ الإشعاعي فيزيد من الكثافة والضغط فيميل اللون إلى الأبيض حيث يمتص بخار الزئبق الأشعة فوق البنفسجية ليعيد بثها في النطاق المرئي ولذلك يكون لضغط البخار تأثيرا واضحا خصوصا وأن الجهد في البداية يكون قليلاً ثم يزيد بعد ذلك ويمكن تحسين هذه الخواص بإضافة اليود ويمكن أيضا ملئ الأقطاب بمادة مشعة مثل الباريوم واسترونتيوم مخلوطا مع مادة *thorium* كما يتواجد الأرجون في الأنبوبة بضغط 39 – 50 مم زئبق

ثالثا: أنواع مصابيح الزئبق

تتباين أنواع هذا المصباح على نطاق كبير نتيجة التطورات المستمرة والتقدم التكنولوجي الهائل في الفترة القصيرة الأخيرة ونضع أهمها على النحو التالي:

النوع الأول: مصباح ضغط متوسط

يعطي هذا النوع الذي يظهر منه طرازMBF الضغط الأقل اللون الأبيض المائل إلى الخضرة مع بعض من فوق البنفسجي حيث يحولها الفسفور إلى موجات الأحمر بطول 600 – 750 نانو متر وهي صالحة لإنارة الشوارع، كما أن الضغط في المدى من 2 إلى 10 ضغط جوي.

النوع الثاني: مصباح ضغط عالي

يصلح للمسارح والتصوير السينمائي والأعمال الصناعية وهو صغير الحجم غامر الإضاءة كروي الشكل ومدى الضغط هو (30– 100 جوي).

النوع الثالث: مصباح ضغط فائق

يتم فيه التبريد بالماء نتيجة الضغط الهائل وفيه الضغط في المدى (50– 200 جوي)

النوع الرابع: مصباح طراز MBER

هذا المصباح مثل السابق مع إضافة عاكس على شكل قطع زائد والغلاف مطلي بطبقة من أكسيد التانتيوم التي لها انعكاسية 95% في المجال المرئي وبها طبقة فسفورية عند قمة الأنبوبة فقط وتترك الجهة الأخرى بدون طبقة فسفورية وهنا تقوم الانعكاسية برفع الكفاءة الضوئية بوضوح مما جعل هذا المصباح يحتل مكانة المصابيح الغامرة أحيانا.

الجدول رقم 5-8 مقننات مصابيح بخار الزئبق وأكسيد القصدير المتداولة في الأسواق

قدرة (و)	جهد المصباح (ف)	تيار (أ)	أقصى ضوء (لومن)	الكفاءة (لومن/و)
40	75	0.5	4400	110
60	115	0.7	7100	118
100	125	0.95	12500	125
150	185	0.94	20500	135
200	265	0.9	30000	150

النوع الخامس : مصباح فتيلة توالي

هذا النوع يماثل السابق ولكن توصل الفتيلة على التوالي مع الأنبوبة ومصممة للتحكم في التيار من أجل إطالة عمرها ويتحسن تيار البدء وينخفض الفقد في الجهد عند البدء والتشغيل ويتميز بأنه لا يحتاج إلي أجهزة تحكم إضافية ويعيبه قلة كفاءة الضوء.

النوع السادس: مصباح منخفض الضغط

في هذا النوع (الطراز الخاص M1 or M2) يستخدم مسحوق الفلورسنت لطلاء الأنبوبة الداخلية بينما تطلى الفتيلة بالأكسيد حيث تسخن في بدء الإشعال فقط وتستمر على ذلك أثناء التشغيل حيث يسخن الأقطاب (موصلة على التوالي مع ملف خانق عبر المصدر) وينتج جهد مرتفع عند فتح البادئ ومنه نوعان . وقد تتواجد نوعيات خاصة جدا غير شائعة الاستخدام حيث يستعان في صنع المصباح بالزجاج الخشبي في التصنيع فيحجب بعضا من الأشعة وهذه النوعية خاصة وتستخدم هذه النوعية في الأبحاث مثل البكتريا الحيوية والميكروبيولوجي وهي تحتاج إلي نظم تحكم وهي تعمل على التيار المستمر بجهد 24 ف، كما أنه هناك الكثير من المصابيح الأخرى متطورة بالنسبة لتلك المذكورة هنا سواء من نوعية التفريغ الغازي أو التوهج ومنها أيضا ما تصنع خصيصا لأغراض محددة غير تلك المذكورة عالية مثل ما يحدث في مجال الأبحاث او المقاومة البكتيرية أو العناية الطبية وغيرها من الميادين العديدة.

3-5: مصباح الهاليد Halid Lamp

يعد المصباح المتوهج وما تلاه من أنواع أخرى مثل الفلورسنت ثم الصوديوم منخفض الضغط فالزئبق عالي الضغط وهذا التطور للمصابيح المتتالي الآخ في الأفق المزيد من التحسين فظهر مصباح الصوديوم عالي الضغط ومن ثم الهاليد المعدني ، وهذا الأخير يتكون من الزئبق واليود وهو مثيل بمصباح الزئبق عالي الضغط (لهذا لن نعيد الوصف) مضافا إليه كمية قليلة من اليود (الهاليد المعدني) مما يرفع من صفات اللون الضوئي وزيادة الكفاءة الضوئية من خلال طريقة وضع المصباح أفقيا أو رأسيا كما يتم طلاء الجدار الداخلي للأنبوبة بمادة فسفورية من الفلورسنت مثل فاندات اليوتريوم Yttrium Van date المشع باللون الأحمر وبكفاءة تقترب من 50 لومن/ وات، وفي هذا النوع تزيد كفاءة الضوء كلما ارتفعت القدرة فالمصباح 2 ك. و. يعطي فيضا قدره 190000 لومن بكفاءة ما بين 75 – 100 لومن/ وات، وهذا المصباح يلزمه أجهزة إشعال لبدء الإشعال منفصلة (حيث يصل جهد الاشتعال إلي 600 – 700 ف) بجانب ملف خانق لتوزيع الجهد وتقليل التيار المار به ولذلك فهو مرتفع الثمن ويصل عمر المصباح إلي 7500ساعة وهو أقل بكثير عن عمر مصباح الزئبق، وهو أيضا ملائم للصناعة والأماكن العامة وفي الأبنية شاهقة الارتفاع وعالية الأسقف مثل عنابر الورش ويقدم الجدول رقم 5- 9 البيانات الفنية لمصباح الهاليد المعدني.

الجدول رقم 5 - 9 : البيانات الفنية لمصباح الهاليد المعدني

القدرة (وات)	فيض (لومن)	كفاءة (لومن/و)
288 / 250	17500	61
450 / 400	27600	61

الهاليد يعتبر مركب ثنائي العنصر لأحد الهالوجينات وعنصر معدني، أما الهالوجين الموجود في هذا المصباح هو اليود ولكن العنصر الآخر يأخذ أشكالا كثيرة مثل الصوديوم أو الثاليوم أو الأنديوم أو السكانديوم أو الديسبروسيوم بينما الهاليد المقابل لهم هو إما يوديد الصوديوم أو يوديد الثاليوم أو يوديد الأنديوم وهما ما يتبعان الطيف الضوئي المحدد في الجدول رقم 5- 10.

الجدول رقم 5 -10 : الطول الموجي لمخلوط مصباح الهاليد

المادة في المخلوط	الصوديوم	الثاليوم	الإنديوم
الطول الموجي المقابل (nm)	589	535	435

هناك المزيج من الصوديوم والسكانديوم وهو الأكثر كفاءة من بين كل الأنواع لأنه أعلى في أمانة نقل الألوان حيث أنه يحتوي على ألوان عديدة داخل المجال المرئي، فكل هذه الأنواع نافعة كوسيلة لإدخال العنصر المعدني في القوس الكهربي بالضغط العالي لإسراع عملية تبخر هذه المعادن دون الحاجة إلى رفع درجة الحرارة وبذلك نستطيع رفع قيمة أمانة نقل اللون الضوئي والذي قد يصل إلى 90 % مع الحفاظ على كفاءة الإضاءة عالية ولذلك فقد بدأت الصناعة مؤخرا في التعامل مع مخلوط متجانس من هذه اليودات لتحسين خواص المصباح وبالتالي الضوء، ودائرة تشغيل المصباح مبينة بالشكل 5- 3 لمصباح الصوديوم تماما.

مما سبق شرحه بصورة موجزة نستطيع التعرف على عدد من الصفات المقارنة بين الأنواع المختلفة من المصابيح ويعطي الجدول رقم 5- 11 توزيع الطاقة في مكونات المصباح مقارنة بمصباحي الصوديوم ضغط عالي ومنخفض، وقد جاءت الأرقام بالنسبة المئوية نتيجة اختلاف قدرات المصابيح للتعرف على الخصائص الداخلية في كل منها. تشغيل المصباح يعتمد على بدء التشغيل الذي يصدر ضوءا من بخار الصوديوم ويبقى الهاليد معدنا بارزا أعلى الجدران وترتفع حرارة الجدران فيتحول الهاليد إلى بخار وينتقل إلى المناطق الساخنة ويتداخل مع ذرات الهالوجين والمعدن بأسلوب الحمل الحراري والانتشار داخل القوس الكهربي، ثم تتهيج الذرات بدرجات الحرارة العالية فيصدر الإشعاع الضوئي بينما تستمر ذرات المعدن في التنقل داخل الأنبوبة فتصل إلى المناطق الباردة (الجدران) حيث تعود وتتحول مرة إلى بخار فيتكرر ما سبق بصفة دورية. يحتاج المصباح إلى 6 دقائق أو أقل لينتج 80 % من الضوء المقنن ويحتاج إلى 15 ق قبل إعادة إشعاله. مصباح الهاليد أطول من مثيله من الزئبق وقد يضاف ناشرا للضوء في المصباح عند الاستخدام في الملاعب الرياضية الكبيرة أو الصغيرة وتستخدم في التصوير التلفزيوني والسينمائي وهذا الناشر الضوئي يساعد على رفع أمانة نقل الألوان.

مصابيح الهاليد تقترب في الخواص من ناحية التطوير مثل ما حدث مع مصابيح الفلورسنت المدمجة ونجد أيضا مصابيح الصوديوم عالية الضغط المدمجة وأيضا مصابيح الهاليد المعدن المدمجة وهي التي تتميز بإمكانية التركيب في الأماكن المفتوحة ومن الهام التنويه على أنه في حالة تشغيل المصباح على الجهد 12 ف يكون من الضروري استخدام محول إلكتروني مدمج أما بالنسبة للمصباح الفلورسنت المدمج والذي يعمل مع الكابح بالتيار المغناطيسي ويعطي زمن بدء 0.5 ث وبدون الرعشة الضوئية وتزيد هذه المدة إلى ثانيتين عند درجات الحرارة المنخفضة كما تصل شدة الضوء إلى 40 % من المقنن بعد دقيقتين ونضيف من خصائص الفلورسنت المدمج:

1- يعمل مصباح الفلورسنت المدمج بجهد 207 – 244 ف وفرق حراري – 30 حتى 50 م.

2- لا يتأثر عمر المصباح بعملية البدء إلا إذا كان إعادة إشعال قبل مضي دقيقتين من الفصل

ولكن مصباح الصوديوم منخفض الضغط المدمج مطلي بطبقة عاكسة شفافة تعكس الأشعة دون الحمراء فتحافظ على توفير الطاقة المستهلكة وانعكاسها في تمييز الألوان. ويوجد مصابيح فلورية مدمجة من نوع الفلورسنت Helix Compact قدرة 32 وات تعطي 2400 لومن وهي بذلك تنتج ضعف ضوء المصباح المتوهج وتوفر ثلثي الطاقة المطلوبة لأنها تعطي الضوء المماثل من مصباح متوهج بقدرة 100 وات ومصابيح الحث الكهربي Induction Lamps والتي تحتوي على قطب أو فتيلة بعمل عمر تشغيلها نحو 70% من [illegible] بالاعتماد عليها في الأماكن صعبة الصيانة ومنها نوعين:

الجدول رقم 3-11 : التوزيع المئوي للطاقة داخل بعض أنواع المصابيح

بيان / مصباح	صوديوم ضغط منخفض	صوديوم ضغط عالي	هاليد معدني
قدرة الدخل (و)	180	400	250
فقد حراري	62.22	50.5	64.8
فقد في القطب	12.22	6	6.8
قدرة تفريغ غازي	87.77	94	93.2
فقد حجم وجدران	50	44	47.6
فقد إشعاع	37.77	50	45.6
إشعاع دون الأحمر	2.77	20	15.6
إشعاع مرئي	35	29.5	28
إشعاع فوق بنفسجي	-	0.5	10.4

الطراز الأول:

يتكون من قلب معدني (حديدي) يتركز فيه المجال الكهرومغناطيسي من الملف الابتدائي والملفوف حوله حيث تنتقل الطاقة على الترددات العالية فيتولد التيار الثانوي الذي يمر في الغاز تحت الضغط المنخفض داخل الغلاف الزجاجي فتتأين الذرات وتشع الموجات فوق البنفسجية فيتحول من خلال مادة فسفورية إلى النطاق المرئي ومن خلالها نستطيع التحكم في اللون الناتج عن الضوء.

الطراز الثاني:

هنا يستبدل القلب الحديدي في الطراز السابق بنوع هوائي والذي يغذي من الترددات العالية فينتج المجال الكهرومغناطيسي في أنبوبة التفريغ فيتأين الغاز ويمر التيار بالمصباح منتجا الضوء وهذا النوع يعتمد على تآكل

الطبقة الفسفورية المستمر مع البدء والتشغيل، ويدخل أيضا مصباح الهاليد المعدني مع نفس خصائص الكشافات الهالوجينية Halogin Lamp لأنه يحتوي علي اليود وحيث أن اليود والكلور والفلور والبروم وكلهم من الهالوجينات. دخول أي منهم مع الغاز الخامل يعمل علي تواجد دورة الاسترجاع السابق الحديث عنها لحماية الفتيلة من الاحتراق والتخلص من ظاهرة التسويد مما يقودنا إلي تصغير حجم المصباح وزيادة عمر المصباح أو الكشاف الهالوجيني (قدرة حتي 300 وات بجهد 110 أو 220 فت) والذي يتكون من تنجستن هالوجين ويستخدم بكثرة في الإذاعة الخارجية والملاعب مثل مصباح الهاليد بالرغم من المحاولات المستمرة لتحويل أي منهما إلي الاستخدامات المنزلية بغرض التوصل إلي الإنتاج المتعاظم.
يتواجد علي الساحة الفعلية المصباح الشمسي Sun Lamp الذي يتكون مثل الهاليد والزئبق بتواجد غاز الأرجون ولكن يضاف داخل المصباح قليل من الزئبق حيث يتم توصيل المصباح فتسخن الفتيلة (تنجستن) فتنبع الإلكترونات ويتأين الأرجون ويبدأ التفريغ داخل المصباح مما يرفع من درجة الحرارة وينبخر الزئبق فضيء، وهو متميز بالضوء المبهر ويستخدم هذا النوع في الإضاءة العامة في الشوارع والمراكز التجارية وبعض منها يستخدم في المستشفيات الكبرى ولها محول خاص لتوصيل الدائرة الكهربية.

5- 4: نظرة شاملة General

تتميز أغلب المصابيح بعدم اللمعان الفائق وعدم الإبهار وقلة الظلال ويعطي الجدول 5-12 بيانا لبعض المصابيح من جهة اللون ودرجة الحرارة ونتطرق إلي هذه النظرة الشاملة:

أولا: أنواع البادئ Starter Type

نجد أيضا أن العملية المشتركة في مصباح التفريغ الكهربي هي عملية البدء والتي يمكن تقسيمها إلي:

النوع الأول: البدء الحراري Thermal

يوجد ملف تسخين مع البادئ فيسخن الشريط المعدني ويفتح الأطراف مسببا توليد جهد عالي فجأة بسبب التفريغ في الأنبوبة ويستمر فتح الأطراف بينما المصباح يعمل، الملامسات مزدوجة المعدن تكون مغلقة (غير مفتوحة كما الحال في مفتاح البريق) وتوضع مع ملف تسخين صغير وعند توصيل المنبع يمر التيار بالكاثود والملف الخانق توالي مسخنا البادئ وترتفع درجة الحرارة لملامسات البادئ فيفتح الملامسات ويقطع التيار في الدائرة فيظهر جهد عالي فجأة بين قطبي المصباح محدثا التفريغ الكهربي بينهما ويمر التيار بسخان البادئ لتظل الملامسات مفتوحة وهو النوع الأكثر تعقيدا عن الآخرين ولكنه مفيد في قصر فترة التجهيز ويصلح لمصابيح الفلورسنت والصوديوم وعمر يزيد عن عمر المصباح عادة.

النوع الثاني: البدء اللامع Glow

يتكون كمصباح صغير من أنبوبة مملوءة بالهيليوم وأقطاب من شريط ثنائي المعدن عندما يقفل المفتاح يظهر فرق جهد بين هذين القطبين مسببا بريقا بسيطا بتيار ضئيل لا يسخن الفتيلة في الأنبوبة ولكنه قادرا علي شحن الشريط ثنائي المعدن فيتمدد ويقطع الاتصال فيظهر تلقائيا تيار عالي من الفتيلة فتسخن وتصدر موجات حمراء وعند تلامس الأطراف في البادئ يتوقف التفريغ ويبرد الشريط ويفتح الملامسات فيظهر الجهد البادئ.

النوع الثالث: بادئ تسخين مسبق *Preheat Quick Starting*

يتم توصيل شريط معدني موزون بجانب المصباح خارجيا لزيادة الجهد من أجل رفع كفاءة التأين لأنه بزيادة التيار يرتفع معدل التأين ويكون البدء أسرع ويوضع ملفا علي التوازي مع الأنبوبة وعليه الجهد الكامل، أما بعد البدء يستعيد المحول جهد الأنبوبة المعتاد ويقل تيار الفتيلة مما يطيل من عمر الفتيلة.

الجدول رقم 5-12 : الألوان الخاصة بالمصابيح الغازية

نوع اللون	نوع الضوء	الكفاءة (%)	حرارة اللون (كلفن)
فلورسنت أبيض بارد	بارد	100	4100
فلورسنت أبيض بارد دي لوكس	بارد	70	4200
فلورسنت أبيض	طبيعي	102	3500
فلورسنت أبيض دافئ	دافئ	102	3000
فلورسنت أبيض دافئ دي لوكس	دافئ	68	3000
فلورسنت ضوء النهار	بارد	83	6500
فلورسنت ثلاثية الفسفور	بارد	105	4100
	طبيعي	105	3500
	دافئ	105	3000
	بارد	117	4100
	طبيعي	117	3500
	دافئ	117	3000
زئبق	بارد	32	4400
هاليد	دافئ	70	3000
	طبيعي	65	4000
صوديوم ضغط عالي	ذهبي	21	2100
صوديوم ضغط منخفض	أصفر	0	1700

النوع الرابع: البدء البارد Cold Starting

يمكن الحصول علي الجهد العالي إما بفتح الدائرة فجأة او بتوصيل مصدر جهد خارجي يماثل 3 أضعاف الجهد المقنن من خلال محول رفع إلا أن الفتيلة في مثل هذه الحالات تصبح خصيصا لمواجهة هذه الظروف الكهربية عالية الإجهاد

النوع الخامس: مفتاح البريق Glow Starting Switch

يتكون من ملامسات مزدوجة المعدن داخل أنبوبة بها أرجون أو هيليوم وعند تسليط الجهد عليها يظهر جهد بين الملامسات المفتوحة وينتج تفريغ كهربي يؤدي إلي حرارة فيقفل الملامسات مزدوجة المعدن ، فيمرر تيار

للتسخين المسبق بينما تبرد الملامسات فتنفتح ثانية فيرتفع الجهد ويركب علي الملامسات مكثف من الخارج للتخلص من التداخلات مع إشارات الراديو، ونري بالجدول 5-13 دليل أمانة الألوان الخاص ببعض المصابيح الواردة في هذا الباب وأماكن استغلالها المناسب مبينا الغامرة ضوئيا منها. يمكننا تلخيص العيوب التي تواجه هذه المصابيح في المكونات : (الأنبوبة - البادئ – التوصيلات – ترنيط الماسك – الملف الخانق – ضوء المصباح: وهو حيث تشغل وينتج عن عدة أسباب هي قلة مقنن الملف الخانق أو انخفاض درجة الحرارة أو الجهد)، كما يتأثر المصباح من هذا النوع بكثرة عمليات البدء بدون داعي وتغير جهد المنبع انخفاضا أو ارتفاعا وكذلك كثرة التداخل بين الموجات اللاسلكية والمصباح ولذلك هناك متطلبات محددة في التصميم الخاص بهذه النوعيات من المصابيح تحدد إطارها في: (إضاءة مريحة -- كفاءة عالية – عدم الإبهار -- ارتفاع مناسب للتعليق – تشغيل مستقر من جهة الجهد والتيار – تركيب عاكس لتوزيع الإضاءة). أخيرا تتجه التصميمات الحديثة إلي مصابيح الحث الكهربي وفيها تعتمد فكرة التفريغ الكهربي علي تأثير المجال خارجيا علي أنبوبة المصباح ليحدث التفريغ الكهربي بها بدون توصيل البادئ أو غيره من المساعدات.

الجدول رقم 5- 13 : دليل أمانة نقل الألوان لبعض المصابيح

نوع المصباح	أفضل استخدام	كفاءة (لومن/و)	دليل اللون
متوهج عادي	منزلية	13	100
متوهج عالي القدرة	داخلية بارتفاعات عالية	18	100
تنجستن – هالوجين	غامرة	21	100
زئبق بضوء مجدد	بديل المتوهج	20	70
زئبق ضغط عالي	الشوارع	55	40
هاليد	للمصانع	75-100	70-90
فلوري	إضاءة عامة	80-90	55-85
صوديوم ضغط عالي	مناطق تجارية	115	20
الصوديوم منخفض	شوارع	185	45

ثانيا: نظم الإضاءة Illumination Systems

تتنوع الإضاءة إلي عدد من الأنواع فهي إما أن تكون إضاءة داخلية in door أو خارجية outdoor ولذلك يجب تحديد نوعية الإضاءة عند التعامل مع تصميم دوائر الإضاءة للحصول علي أفضل كفاءة وأحسن توزيع لها ويجب أن تتوافر فيها الشروط الأساسية التالية:

1- في الإضاءة الداخلية يلزم إضاءة طبيعية تقترب من ضوء النهار وفي الورش والأماكن مزدوجة الغرض يظهر نوعان من الإضاءة (عامة للمكان عامة وخاصة للمكاتب والمشرفين أو للعاملين علي أعمال خاصة)

2- في الإضاءة الخارجية تظهر منها أنواعا مثل الإعلانات أو المطارات والموانئ والسكك الحديدية والملاعب الرياضية أو تجميل الأبنية مثل دور العبادة والآثار والجبال والمناطق السياحية وكلها تعتمد علي الإسقاط الضوئي بالكشافات Flood حيث تكون الإضاءة غير مباشرة وتكون قوية جدا ومركزة مع المباني المنخفضة وضعيفة المستوى بقدر الإمكان مع المباني الشاهقة واسعة الانتشار. يلزم أن يكون المصباح مقاوم للظروف المناخية من الزجاجي الفضي وله عاكس من صلب لا يصدأ أو الكروم أو حديثا من الإنابدل لتوزيع الضوء علي المكان ويعتمد نوع المصباح علي لون المبني تبعا للقواعد المعروفة كما في الجدول 5-14.

الجدول رقم 5- 14 : المصابيح المناسبة لبعض ألوان المباني

لون المبني	أحمر	أصفر	أخضر	أزرق
نوع المصباح المناسب	متوهج	متوهج أو صوديوم	زئبق	زئبق

3- في الطرق العامة والشوارع الرئيسية وهي هامة لحركة المرور ويتبع فيها أسلوبان:

(أ) طريقة التجميع الضوئي Diffusion Base وتكفي لوحدها عند تصميم الإضاءة في المناطق التجارية والشوارع الداخلية وفي المناطق الداخلية بين الأحياء والمجمعات السكنية ويضاف هنا معاملا هاما عند تداخل الأبنية العالية مع توزيع الإضاءة المطلوبة علي الشوارع ويمكن التغلب عليها من خلال الاعتماد علي الضوء الأفقي وتقليل الضوء والابتعاد عن الإبهار.

(ب) طريقة انعكاسية الضوء Reflection Base وهي هامة لتصميم الإضاءة علي الطرق السريعة والشوارع الكبيرة حتى لا تؤثر سلبيا علي قيادة السيارات ليلا عند التعامل مع المرايا بالسيارة

كما يلزم وضع إضاءة مناسبة عند مفارق الطرق والمنحنيات والمرتفعات والمنخفضات والمطبات الصناعية وغيرها، وتتأثر جميع هذه المصابيح بالجهد المسلط عليها ويظهر تأثر الجهد علي المصابيح المختلفة علي النحو المبين في الجدول رقم 5- 15.

الجدول رقم 5-15 : مقارنة لتأثير الجهد علي خصائص بعض المصابيح

م	مصباح	هبوط الجهد	زيادة الجهد
1	متوهج	يقلل من ناتج الضوء	يزيد الإضاءة ويقلل من عمر المصباح
2	فلورسنت	ينقص ناتج الضوء ويمكن منع بدء الاشتعال	تقليل عمر المصباح بشدة
3	زئبق	قد يطفئ المصباح / قد يقل ناتج الضوء	يسخن المصباح فتتلف مكوناته ويقصر عمره

نعطي بيانا ملخصا لأهم خصائص الإضاءة للمصابيح المختلفة تبعا للمعايير الدولية (الجدول رقم 5-16) حيث التدرج في شدة الإضاءة كما جاء الترتيب في الجدول، كما أن عمر المصباح يتباين من قدرة إلي أخرى لذات النوع ومن مصنع إلي آخر لنفس القدرة الواحدة والنوع الواحد كما نجد أن أقصى إضاءة تواكب أسوأ تمييز للألوان وهذا الجدول خير معين لتحديد المصباح المناسب للغرض المحدد له وهو من أهم معايير التصميم الخاصة بهذا العمل سواء كانت الإضاءة داخلية أو خارجية وهو مكملا لباقي الجداول السابق ذكرها في هذا الفصل وما سبقه.

5-5: التحليل الرياضي Mathematical Analysis

نتعامل مع المعادلات الرياضية الخاصة بكيفية حساب قوة الإضاءة أو الكفاءة وما هي العلاقة بين تلك الأشعة في الاتجاهات المختلفة في الفراغ ونبدأ بالعلاقة بين الزاوية الفراغية **solid angle** والزاوية السطحية **surface angle** ومن ثم نجد من الشكل رقم 5-6 نستطيع التعرف علي الزوايا ونحصل علي المساحة التي تخص السطح المضاء بين حدود البعدين الممثلين لنصف القطر الدائري r والنقطة الأبعد علي هذا السطح H عن نقطة الحافة عند نصف القطر الدائري ونأخذ الصيغة

$$A = 2\Pi \; ?_{r-H}^{r} \; y \, ds \qquad (5\text{-}6)$$

علما بأن المساحة الصغيرة ds نتعرف من القيمة الصغيرة dx علي النحو

$$ds = [1 + (dy/dx)^2]^{1/2} \, dx \qquad (5\text{-}7)$$

الجدول رقم 5-16 : المقننات القياسية للمصابيح

مصباح	متوهج	فلورسنت	زئبق	هاليد	صوديوم عالي	صوديوم منخفض
قدرة (و)	1500-6	215-4	1000-40	1500-175	1000-70	180-35
كفاءة، لومن/و	23-6	84-25	63-30	125-68	140-77	183-137
إضاءة، ك لومن	-0.044 33.6	-0.096 15	63-1.2	155-1.2	140-5.4	33-4.8
حرارة، ك ك	-2.4 3.1	-2.7 6.5	5.9-3.3	4.7-3.2	2.1	1.75
عمر، ك س	8-0.75	20-9	24-16	15-6	24-20	1.8
تمييز لون	جيدة	جيدة	قليلة	جيدة	قليلة	قليلة جدا
تكلفة أولية	منخفضة	متوسطة	متوسطة	عالية	عالية	متوسطة
تكلفة تشغيل	مرتفعة	متوسطة	متوسطة	قليلة	قليلة	قليلة

باعتبار أن السطح كروي وبالتالي نحصل من معادلة الدائرة على الصيغة التفاضلية كما في الشكل

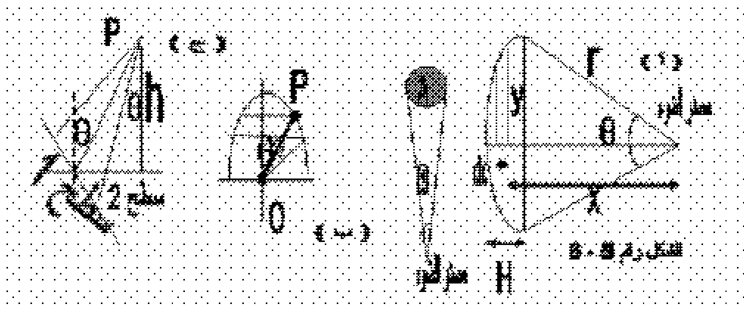
$$2\,y\,(dy/dx) = -2\,x \qquad \& \qquad dy/dx = -x/y$$

من ثم نحصل على المساحة المطلوبة في الصورة

$$A = 2\Pi \int_{r-H}^{r} y\left[1+(y/x)^2\right]^{1/2} dx = 2\,\Pi \int_{r-H}^{r} r\,dx = 2\Pi r\,h \qquad (5\text{-}8)$$

بينما الزاوية الفراغية ω تحدد من المعادلة

$$\omega = A/r^2 = 2\Pi\,r\,H / r^2 = 2\Pi\,H / r \qquad (5\text{-}9)$$



الشكل رقم 5-8

كما تأخذ القيمة الخاصة بالبعد الأقصى H بدلالة الزاوية θ الشكل الحسابي:

$$H = r - r\,\cos(\theta/2) \qquad (5\text{-}10)$$

فنحصل على الزاوية الفراغية في الشكل البسيط

$$\omega = 2\Pi\,[r - r\cos(\theta/2)]/r = 2\Pi[1 - \cos(\theta/2)] \qquad (5\text{-}11)$$

كما تكون الإضاءة على أي سطح محددة بدلالة قوة الشمعة cp وهذه الزاوية الفراغية والمسافة بين السطح المضاء ومصدر الضوء d من خلال

$$E = \phi/A = cp \times \omega/A = (cp/A)(A/d^2) = cp/d^2 \qquad (5\text{-}12)$$

أولا : قانون الإضاءة Illumination Law

عند إضاءة سطح ما فأنه يقع علي نصف الكرة في الفراغ كما في الشكل رقم 5-6 (ب) وكي تكون شدة الإضاءة متجانسة علي كل المساحة نفرض النقطة P علي زاوية θ من مصدر الضوء بمركز الكرة O وبالتحرك علي المساحة المضاءة مسافة قصيرة جدا تقابل تغير في الزاوية قيمته dθ وهو ما يعني أننا تحركنا علي المساحة بمقدار العرض r dθ بينما الطول هو 2 π r sin θ وبذلك تصبح المساحة A هي

$$A = 2\,\pi\, r\, \sin\theta\; r\; d\theta = 2\,\pi\, r^2\, \sin\theta\; d\theta \qquad (5\text{-}13)$$

لها إسقاط مساحي بمقدار A cos θ حيث تقابل هذه المساحة الزاوية الفراغية ω بالقيمة

$$\omega = A/d^2 = [2\,\pi\, r^2\, \sin\theta\, d\theta]/r^2 = 2\pi \sin\theta\; d\theta \qquad (5\text{-}14)$$

فنحصل علي الفيض الضوئي في الصورة

$$\Phi = L\,x = B\,A\cos\theta\,(2\pi\sin\theta\; d\theta) =$$

$$2\,\pi\, B\, A\, \sin\theta\cos\theta\, d\theta = \pi B\, A\, \sin 2\theta\, d\theta \qquad (5-15)$$

يكون الفيض الضوئي المؤثر نتيجة الاستضاءة Brightness عند لنقطة المعنية P الواقعة علي المساحة A في نصف الكرة المبين علي الشكل هو

$$\Phi = ?\pi\, B\, A \int_0^{\pi/2} \sin 2\theta\, d\theta = \pi\, B\, A\, [-(\cos 2\theta)/2] \Big|_0^{\pi/2} = \pi\, B\, A \qquad (5\text{-}16)$$

أما الاستضاءة فهي الممثلة للمساحة في الشكل

$$B = \Phi / (\pi A) = (cp) / (\pi A) = 1/\pi \qquad (5\text{-} 17)$$

حيث أن وحدة الاستضاءة هي Lambert = 1/n (candles/ft^2)

أن وحدات الضوء المختلفة قد ذكرت في عاليه ونوضح منها ما هو هام مثل:

الفيض الضوئي بالمخروط = قدرة الشمعة (cp)×زاوية فراغية (لومن) (5-18)

نصبح بذلك الإضاءة عند نقطة علي مساحة هي :

الإضاءة E = الفيض × المساحة (19 -5)

كذلك من المعروف أن الزاوية الفراغية تتحدد من العلاقة

الزاوية الفراغية ω = المساحة A / مربع المسافة r^2 (لومن /سم2) (5-20)

تصبح شدة الضوء في اتجاه محدد في الصورة:

شدة الضوء I = الاستضاءة بهذا الإتجاه / الزاوية الفراغية (5-21)

تكون في هذه الحالة هي ω / ω أي لومن/ستيريدان (Lumen / Steradian) أي لكل وحدة من الزاوية الدائرية مما يفيد أن شدة الضوء ثابتة في ذات الاتجاه الواحد ونلاحظ أن السطح المواجه تماما لمصدر الضوء يستقبل أكثر شدة عن غيرة من الأسطح التي قد تميل على اتجاه الضوء. فإذا كانت زاوية ميل الضوء هي المحددة بالقيمة فنحصل على شدة الضوء بقيمة الكانديلا مقسومة على مربع المسافة فيكون بذلك مساويا (الفيض / مساحة السطح الساقط عليه الأشعة) فإذا تباينت الزوايا كما في الشكل تصبح القيمة كما يلي:

$$E\ (surface\ 1) = \phi / A(1)\ \ \&\ \ E\ (surface\ 2) = \phi / A(2) \qquad (5\text{-}22)$$

إذا كانت الزاوية بين المساحتين هي θ فتصبح الإضاءة على السطح 2 هي

$$E\ (surface\ 2) = [\ \phi / A\ (1)]\ \cos\theta = cp / r^2 \qquad (5\text{-}23)$$

لما كانت الزاوية هنا تعرف بجيب تمامها المساوي للنسبة (h/r) حيث h يمثل الارتفاع العمودي على السطح 2 بينما r تمثل البعد العمودي عن السطح 1، فنجد الإضاءة على السطح رقم 2 سوف تأخذ الصيغة

$$E\ (\ surface\ 2) = (cp / r^2)\ \cos^3\theta \qquad (5\text{-}24)$$

هو ما يعرف بقانون لامبرت Lambert للإضاءة، كما أنه توجد بعض المسميات الهامة والتي لم تذكر ومنها ثلاث مسميات بخصوص متوسط القدرة الضوئية وهم:

1- متوسط القدرة الأفقية Mean Horizontal Candle Power

تعني متوسط القدرة بوحدات الكانديلا في جميع الاتجاهات على المستوى الأفقي ويرمز لها بالرمز MHCP

2- متوسط القدرة الكروية Mean Spherical Candle Power

تعني القدرة المتوسطة في كل الاتجاهات في جميع الأسطح الداخلة في الفراغ ويرمز لها بالرمز MSCP وهي

$$MSCP = total\ \ \phi /\ 4\ \pi \qquad candela \qquad (5\text{-}25)$$

هذا يعني التعبير على خط مستقيم بين كلا من متوسط القدرة الكروية والفيض الضوئي الكلي بزاوية ميلها يساوي $(1/4\pi)$

3- متوسط القدرة نصف الكروية *Mean Hemispherical Candle Power*

تعني متوسط القدرة الضوئية في كل المسطحات تحت المستوي الأفقي ويرمز لها بالرمز MHSCP هي

$$MSCP = total\ \phi / 2\pi \quad candela \quad (5\text{-}26)$$

كما توجد العلاقة الرياضية بين الثلاث متوسطات للقدرة في الصيغة

متوسط قدرة نصف كروي= متوسط كروي/متوسط القدرة الأفقية (7-5)

الجدول رقم 5- 17: بعض المفنيات لعدد من المصابيح بشدة مختلفة موحدة (لوكس)

شدة الضوء، لومن	2000	1500	1000	500	200	100	50
MSCP (cp)	159.23	119.42	79.62	39.81	15.92	7.96	3.98
MHSCP (cp)	318.47	238.84	159.24	79.62	31.84	15.92	7.96
سطح مواجه 2 م	500	375	250	125	50	25	12.5
سطح مواجه 4م	125	93.75	62.5	31.25	12.5	6.25	3.12
سطح مواجه 6م	55.55	41.66	27.77	13.89	5.55	2.77	1.39
سطح مائل 2/60م	250	187.5	125	62.5	25	12.5	6.25
سطح مائل 4/60م	62.5	46.88	31.25	15.62	6.25	3.12	1.56
سطح مائل 6/60 م	27.77	20.83	13.88	6945	2.77	1.38	0.695

الجدول رقم 5- 7 يعطي هذه القيمة محسوبة لبعض مفنيات شدة الضوء باللومن كما يبين أيضا تأثير المسافة والبعد عن مصدر الضوء إضافة إلي قيمة الضوء الساقط علي المسطحات العمودية مع المصدر أو تلك المائلة في الفراغ بزوايا مختلفة مبينا أن الأسطح المتوازية مع الضوء لا تستقبل أي ضوء مواز لها. من هذا يبين لنا أن الإضاءة تتناقص بشدة مع المسافة الزائدة ولذلك يجب أن تكون المصادر الضوئية ضعيفة وعديدة في المسافات البعيدة وعلي العكس للمسافات القريبة فتكون شديدة القوة وغامرة للقدر المطلوب مثل أباجورة المكتب علي سبيل المثال كما نستطيع الحصول علي بعد السطح عن المصدر الضوئي لتكون الإضاءة الأفقية أقصي ما يمكن فنجد السطح علي ارتفاع h وتكون أبعد نقطة علي بعد d من إسقاط المصدر الضوئي لها شدة إضاءة هي

$$I=cp/[(d^2+h^2)]^{1/2}\}\cos\theta=cp\cos^3\theta/h^2 = cp\,h/(d^2+h^2)^{3/2} \quad (5\text{-}28)$$

بينما يلزم الحصول على تفاضل هذه الشدة بالنسبة للمتغير وهو الارتفاع (البعد) عن مصدر الضوء وبالتالي نحصل على المعادلة

$$dI/dh = cp[(d^2 + h^2)^{-3/2} + h(-3/2)\, 2h\, (d^2+h^2)^{-5/2}] \quad (5\text{-}29)$$

بعد هذه المعادلة نصل إلى قيمة الضوء في الصورة

$$cp = [(d^2 + h^2)^{-3/2} - 3h^2 (d^2 + h^2)^{-5/2}] \quad (5\text{-} 30)$$

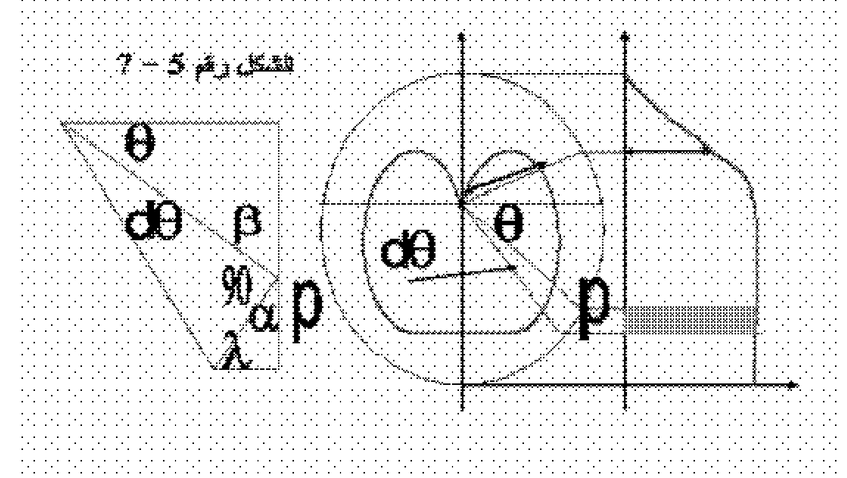
للحصول على القيمة القصوى نساوي التفاضل بالصفر فنتوصل إلى الشرط التالي

$$1 - 3h^2 / (d^2 + h^2) = 0 \quad (5\text{-} 31)$$

من هذه المعادلة البسيطة نتحدد قيمة الزاوية أو بعد النقطة نسبة إلى ارتفاع المسطح حيث نجد

$$h = 0.707\, d \ \text{ or } \ \theta = 45^{\circ} \quad (5\text{-} 32)$$

ثانيا: المنحنى القطبي Polar Curve



ظهر في الشرح السابق أن قوة الإضاءة غير متساوية ليس فقط في الفراغ بل أيضا في المسطح الواحد وهذه الشدة تأخذ شكلا غير منتظما وهذه العلاقة ترسم للمسطح الواحد وهو إما أن يكون أفقيا ويسمي في تلك الوقت المنحني الأفقي القطبي. أو رأسيا ويكون عبارة عن المنحني القطبي الرأسي ويكون حول المسطح الرأسي من الزاوية θ – 180 درجة بعكس الأفقي (محورين أفقي وعمودي x, y).

نجد في الشكل رقم 5- 7 كيفية استنتاج منحني روزنبو Rousseau من المنحني القطبي الرأسي حيث ترسم دائرة حول المنحني القطبي بمركزها عند مركز المنحني وخارجه عنه وترسم بعد ذلك أنصاف الأقطار للزوايا المختلفة θ وطول الخط على كل نصف قطر يمثل قيمة شدة الضوء I بوحدات cp عند هذه الزاوية كما هي في المنحني القطبي وبذلك يعطي الرسم الجديد العلاقة بين الكانديلا والزاوية في المسطح الرأسي للحصول على القيمة الرياضية نأخذ الزحزحة بالزاوية dθ فنحصل على المساحة داخل المستطيل المظلل بنصف قطر استدارة r cos θ في المستوي الأفقي كإسقاط بعرض r dθ بالقيمة

$$A = 2\pi \ (r \cos \theta)\ (r\, d\theta) = 2\pi r^2 \ \cos \theta \, d\theta \qquad (5\text{-}33)$$

وتقابلها الزاوية الفراغية

$$\omega = 2 \pi r^2 \ \cos \theta \, d\theta \,/\, r^2 = 2 \pi \ \cos \ \theta \, d\theta \qquad (5\text{-}34)$$

أما الفيض فهو دالة في شدة الإضاءة ويعطي بالقيمة

$$\Phi = I \quad \omega = \ ?_{-\pi/2}^{\pi/2} \ 2 \pi I \sin \theta \ d\theta \qquad (5\text{-}35)$$

إلا أن شدة الضوء هنا عبارة عن دالة الزاوية θ في نفس الوقت مما يجعل الحل الرياضي صعبا ولهذا نحتاج إلي أسلوب لتبسيط المعادلة وتخطي درجة الصعوبة فتأتي من خلال المنحني المستنتج كما أن العلاقة بين الزوايا المختلفة في الفراغ لهذا المستوي نضعها من الشكل الرياضي:

$$pq = sq \quad \& \quad \alpha + \beta = 90 = \lambda + \beta = \alpha + \theta \qquad (5\text{-}36)$$

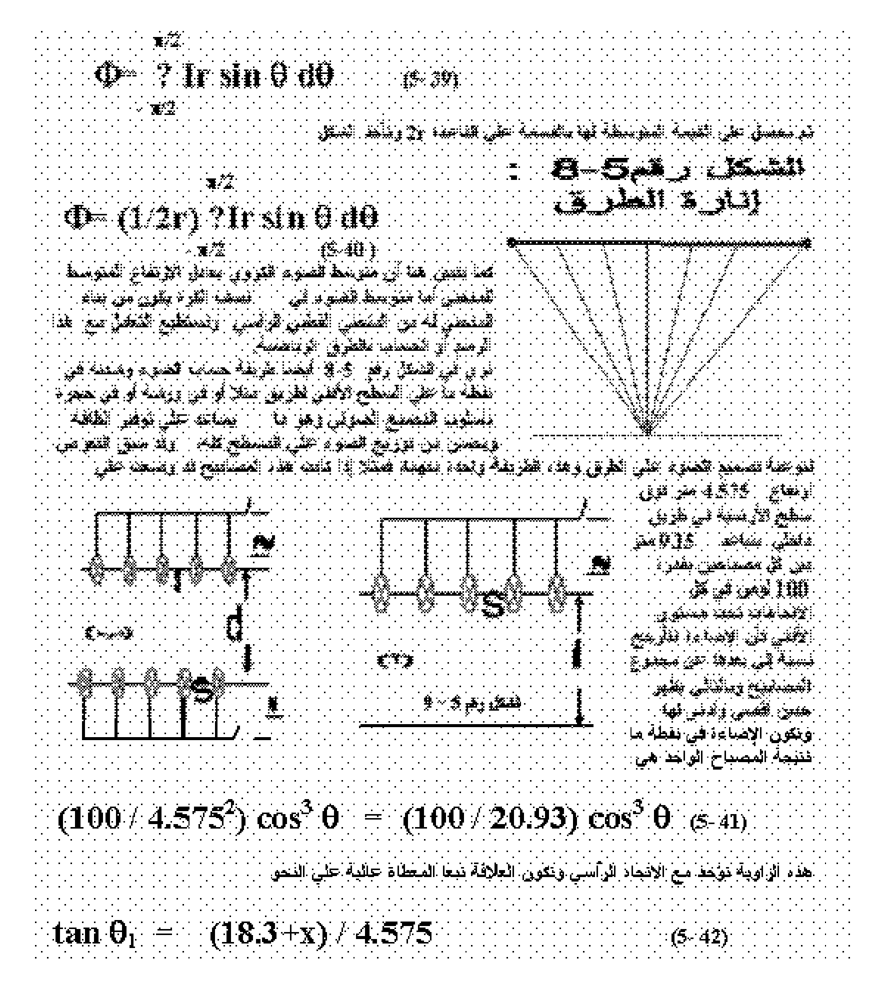
جميع هذه الزوايا موضحة علي الشكل رقم 5-8 وهي للمسطح عند النقطة P وهو ذو شكل كروي وتكون العلاقات بين هذه الزوايا علي الأبعاد الثلاثية ونتعامل مع الإسقاط في اتجاه الضوء، وعند تساوي الزاويتين θ = β نحصل علي قيمة الخط st في الصورة

$$st = pq \cos \beta = py \cos \theta = r\, d\theta \cos \theta \qquad (5\text{-}37)$$

أما المساحة المقابلة للتغير الصغير في الزاوية فنحصل عليها بسهولة بالمعادلة

$$dA = st\, I = (r \cos d\theta)\ I \qquad (5\text{-}38)$$

من ثم نحسب المساحة تحت المنحني في الشكل



$$\Phi = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} I r \sin\theta \, d\theta \quad (5\text{-}39)$$

ثم نحصل على القيمة المتوسطة لها بالقسمة على القاعدة 2r ونأخذ الشكل

الشكل رقم 5-8 : إنارة الطرق

$$\Phi = (1/2r) \int_{-\pi/2}^{\pi/2} I r \sin\theta \, d\theta \quad (5\text{-}40)$$

كما يتبين هنا أن متوسط الضوء الكروي يعادل الارتفاع المتوسط للمنحنى أما متوسط الضوء في ... نصف الكرة يكون من بناء المنحنى له من المنحنى القطبي الرأسي ونستطيع التعامل مع هذا الرسم أو استخدام الطرق الرياضية.

نرى في الشكل رقم 5-9 أيضا طريقة حساب الضوء وشدته في نقطة ما على السطح الأفقي لطريق مثلا أو في ورشة أو في حجرة بأسلوب التجميع الحولي وهو ما ... يساعد على توفير الطاقة ويحسن من توزيع الضوء على السطح كله. ولقد سبق التعرض لنوعية تصميم الضوء على الطرق وهذه الطريقة واحدة منهمة فمثلا إذا كانت عدد المصابيح قد وضعت على ارتفاع 4.575 متر فوق سطح الأرضية في طريق داخلي متباعد 0.15 متر بين كل مصباحين بقدرة 100 لومن في كل الاتجاهات تحت مستوى الأفقي فإن الإضاءة تتأرجح نسبية إلى بعدها عن مجموع المصابيح وبالتالي يظهر حد أقصى وأدنى لها وتكون الإضاءة في نقطة ما نتيجة المصباح الواحد هي

$$(100 / 4.575^2) \cos^3\theta = (100 / 20.93) \cos^3\theta \quad (5\text{-}41)$$

هذه الزاوية تؤخذ مع الاتجاه الرأسي وتكون العلاقة تبعا المعطاة عالية على النحو

$$\tan\theta_1 = (18.3 + x) / 4.575 \quad (5\text{-}42)$$

then $d(\tan \theta_1)/dx = \sec^2\theta_1 \, d\theta_1/dx = 1/4.575$ (5-43)

or $d\theta_1/dx = \cos^2 \theta_1/4.575$ (5-44)

يتكرر بنفس المبدأ مع كل الزوايا ونحصل علي إجمالي الإضاءة من كل المصابيح في نقطة ما في الشكل

$$= (100 / 20.93) [\cos^3 \theta_1 + \cos^3 \theta_2 + \cos^3 \theta_3 + \cos^3 \theta_4 + \ldots] \quad (5\text{-}45)$$

من أجل الوصول إلي القيمة القصوى والدنيا يجب أن نوجد تفاضل هذه الإضاءة ككل ونساويه بالصفر فنحصل علي

$$d\{(100 / 20.93) [\cos^3 \theta_1 + \cos^3 \theta_2 + \cos^3 \theta_3 + \cos^3 \theta_4 + \ldots] /dx = 0 \quad (5\text{-}46)$$

حيث x تعبر عن بعد النقطة من أقرب مصباح في اتجاه الأفقي (محور الحركة) ونصل إلي

$$- (100 / 20.93) x^3 [\cos^2 \theta_1 \sin \theta_1 \, d\theta_1/dx + \ldots] = 0 \quad (5\text{-}47)$$

بعد ذلك نستنتج إجمالي الضوء لنقطة ما عن كل مصادر الضوء في الصورة

$$= - (100/20.93) x^3 \, 4.575[\cos^4 \theta_1 \sin \theta_1 + \cos^4 \theta_2 \sin \theta_2 + \cos^4 \theta_3 \sin \theta_3 - \cos^4 \theta_4 \sin \theta_4 - \cos^4 \theta_5 \sin \theta_5 \ldots] = 0 \quad (5\text{-}48)$$

نجد أن أقصى إضاءة سوف تأتي في النقطة المتوسطة الداخلية بين المصابيح جميعا بينما يمكن حساب كل نقطة تحت المصباح منهم وكذلك بين كل أثنين متتاليين لأنها النقاط الحدودية في هذا النطاق.
كما أن إضاءة الطرق تتبع المناهج المختلفة فمنها ما يعتمد علي أسلوب توزيع الإضاءة علي سطح الطريق كما نري في الشكل رقم 5-9 d حيث نجد الطريق الضيق أو الشارع الصغير بعرض ويكون له توزيعا للمصابيح كما هو.

مبين في الشكل أ على بعد واحد أو في الشكل ب على جانبي الشارع وكلاهما له من الخصائص الذاتية فمثلا في النوع الأول نجد أن التغذية الكهربية تتم بكابل واحد ومفتاح كهربي C B ولذا نجدها في الثاني تحتاج إلى اثنين ولكن تستطيع أقل من الأول وبالرغم من التوفير في النوع الأول إلا أن التوزيع الثاني يكون له من الثقة والاعتمادية reliability الأفضل حيث يمكن في حالة قطع أحد الدائرة ألا يحدث تعطيل نصف الإضاءة إذا انهار أحد الكابلين لأي من أجزاء الدائرة بينما في الحالة الأولى لن تشتغل أي من ذلك ، ونجد أن المصابيح توضع في منتصف مستقيم بمسافة بينية span هي S ويكون ارتفاع height كل مصباح هو h.

هناك أسلوب مختلف للتوزيع بموضوع الإضاءة من على الجانبين فيه إما أن يضع المصابيح على نفس الخط من كل جانب أي أن المصباح العلوي والسفلي بالرسم يكون على خط متعامد مع الخط الجانبي لرص المصابيح على الجانب أو يكون هناك تبادل بين وضع المصابيح كما هو مبين في الشكل 5-9 (ب) حيث تكون الإضاءة أكثر توزيعا وتقل الفروق بين الإضاءة الأقصى والأقل على سطح الشارع كذلك هناك أيضا أسلوبا أفضل منها شيوعا عندما يضيق عرض الطريق ويكون هناك مسارين (اتجاهين) متعاكسين فيكون أسلوب الإضاءة من منتصف الطريق كما في الشكل رقم 5-10 حيث يعطي الرسم عددا من المصابيح المعلقة في هذا الشأن ففي (أ) نجد الإنارة بالكامل من المنتصف أو تتحول الإضاءة إلى الجانبين فقط ويجمع معها ذات الأسلوب السابق في الشارع الضيق ولكن الفترة المصابيح مرتفع نسبيا في (ب)

الشكل رقم 5 – 10

d d S

(أ) (ب)

الشكل رقم 5 - 11

تصبح من المنتصف والجانبين في وقت واحد ولذلك يكون توزيع المسافات بين المنتصف والجانبين أكثر تكلفة في مقابل المسافة والتمكن من التعامل مع أجزاء من الدائرة وإتاحة الفرصة للصيانة مع تنظيم إشكال الطريق تماما بل من الممكن التعامل معه جزئيا في بعض الأحوال خصوصا إذا ما كانت الكابلات أحادية الطور هي المستخدمة تبعا لتعليمات الأمن الصناعي الخاصة بهذا الموضوع. بالنسبة للتغذية فهي عادة تعتمد على توزيع الأحمال على الكابلات الثلاثية لكي يكون التحميل متماثل ومتزن بين الأوجه المختلفة كما نراه في الشكل رقم 5-11 وهو ما يجب مراعاته في مثل هذه التطبيقات.

ثالثا: مسائل Problems

1- A lamp having a uniform 200 cp in all directions is provided with a reflector, which directs 60 % of total light uniformly on a circular

area of 10 m diameter. It is installed at 6 m height. Find the illumination at center & edges in both cases if the reflector is used or not. Deduce the average value without the reflector only.

طريقة الحل : نتعامل مع المسألة من خلال الخطوات التالية:

Flux = = mscp x4 π = 200 x 4π

Without reflector, Illumination at center = 200 / (6^2) = 5.55 lux

Illumination at edge = 5.55 cos θ = 5.55 x (6/7.41) = 4.26 lux

Solid angle = 2 π [1 – cos (θ /2)] = 2π (1 – 0.9405) = 0.372 *steradian*

= 200 x 0.372 = 74 lumens & I = 74.4 / 25 = 0.944 lux

With reflector, Illumination at center or edge = 200 × 4 π ×.6 / 25 π= 19.2 lux

2- A lamp takes 1.2 A at a voltage of 230 V and it emits 4200 lm. Find its efficiency in MSCP/W & lm/W where this lamp type can be changed. If this lamp has been replaced by another one to take only 1 A and emits 4400 lm, find the same above with a variation in the voltage supply between 190 and 230 V.

طريقة الحل: إذا تغير نوع المصباح فيصبح معامل القدرة cos Ψ متغير فهو للمصباح المتوهج الوحدة وللمصباح فلورسنت يساوي 0.4 تقريبا بينما للصوديوم والزئبق قد يزيد عن ذلك ونجد الحسابات التي تخص هذا التغير قد ظهرت في الجدول رقم 5- 18 بعد الاعتماد علي المعادلات الأساسية في الحساب:

$$\text{MSCP/W} = (\text{Total Flux } \Phi / 4\pi) / (VI \cos \Psi) \quad (5\text{-}49)$$

$$\text{lm / W} = \text{Total Flux } \Phi / (VI \cos \Psi) \quad (5\text{-}50)$$

الجدول رقم 5- 18 : حسابات كفاءة الإضاءة عند الجهد 230 ف

معامل القدرة	1	0.4	0.5	0.6
نوع المصباح	متوهج	فلورسنت	صوديوم	زئبق
MSCP/W	1.21	3.025	2.42	2.016
lm / W	15.2	38	30.4	25.33

في حالة تغير الجهد تتكرر هذه الحسابات ونحصل علي النتائج الموضحة في الجدول 5-19.

الجدول رقم 5-19 : حسابات كفاءة الإضاءة عند تغير الجهد

جهد	190 ف			200 ف			230 ف		
معامل القدرة	1	0.4	0.6	1	0.4	0.6	1	0.4	0.6
MSCP/W	1.84	4.605	3.07	1.75	4.375	2.916	1.522	3.804	2.536
lm / W	23.17	57.92	38.61	22.01	55.03	36.68	19.13	47.85	31.9

3- If the 900 lumens lamp has been placed inside a 30.5 cm spherical globe of frosted glass, calculate the cp of the globe and estimate that the percentage of light emitted by the lamp as the same absorbed by the globe. Consider that the brightness is uniform of 250 milli Lambert in all directions.

طريقة الحل:

Candles = A cos θ x candles / cm^2 = (π/4) (30.5)^2 x (250 x 10^{-3} /π) = 58 cp

Globe flux = 58 x 4 π = 728 lm, Absorbed flux by globe = 900 – 728 = 172lm

Percentage absorbed = 172 / 900 = 19.1 %

4- A white screen receives a parallel beam of light from a projector placed a 20 m from it. The illumination on the screen will be 60 000 lx and a 60 % of the total light emitted from the arc passes into the beam. The absorbed light by the intervening air will be assumed as 5 % of the beam light. Calculate the MSCP of the arc if the screen diameter is varied between 1 & 1.5 m.

طريقة الحل : نتيجة التغير في القطر الخاص بالشاشة تتغير المساحة ومن ثم توزيع الفيض وكفاءة الإضاءة وهذه النتائج قد جاءت في الجدول رقم 5- 20 .

الجدول رقم 5 -20 : نتائج الحسابات نتيجة تغير قطر الشاشة

قطر (م)	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
مربع القطر	1	1.21	1.44	1.69	1.96	2.25
مساحة (م2)	0.785	0.95	1.13	1.327	1.539	1.766
فيض ساقط، لومن	4710	5700	6780	7962	9234	10596
فيض شعاع، لومن	4958	6000	7137	8381	9720	11184
فيض متاح، لومن	8263	10000	11896	13968	16200	18590
MHSCP	1315.8	1592	1894	2224	2580	2960

5- Given the polar curve about the vertical axis of the lamp (6 m height) at different angles as shown in Table 5-21 . Find the intensity distribution and draw the illumination curve.

Table 5- 21 : Polar Curve

Cp	500	360	600	520	400	300	150	50
θ^o	0	10	20	30	40	50	60	70

الجدول رقم 5- 22 : حسابات التوزيع الإضائي تبعا للمنحنى القطبي

cp	500	360	600	520	400	300	150	50
θ	0	10	20	30	40	50	60	70
$Cos^2\ \theta$	1	0.985	0.94	0.866	0.765	0.643	0.5	0.342
$Cos^3\ \theta$	1	0.955	0.83	0.65	0.448	0.265	0.125	0.04
Cp/h^2	13.9	15.55	16.68	14.45	11.12	8.34	4.16	1.39
I	13.9	14.8	13.8	9.33	5	2.22	0.55	0.055
$Tan\ \theta$	0	0.1763	0.364	0.5774	0.839	1.192	1.732	2.748
$d = h\ tan\ \theta$	0	1.0578	2.184	3.464	5.034	7.152	10.39	16.488

طريقة الحل : نتائج الحساب تعتمد علي الزاوية والارتفاع العامودي علي السطح حيث تتغير شدة الإضاءة مع تغير الزاوية المقابلة للمنحنى القطبي وقد جدولت في الجدول رقم 5- 22

6- A 60 cd 250 V metal filament lamp has tested at voltages (V) as 240 & 260 V and gives light intensity (I) of 50 & 70 cd, respectively. Deduce the constants of this lamp if it yields one of the following expressions:

$$I = A\ V^{\gamma}\ ,\ I = (A+10^{-9})\ V^{\gamma}\ \text{or}\ I = (A+10^{-4})^{2}\ V^{\gamma}$$

If the voltage is varied within a different range as 5 , 7 or 10 % higher or lower, find the corresponding change in luminous intensity.

طريقة الحل : نظرا للتغير في المعادلات المختلفة نضع الحل في الصورة العامة ثم نحصل علي النتائج كما في الجدول رقم 5- 23 .

الجدول رقم 5- 23 : حسابات ثوابت الإضاءة ونسبة تغيرها لمختلف الحالات

المعادلة	$I = (A+10^{-4})^{2}\ V^{\gamma}$	$I = (A+10^{-9})\ V^{\gamma}$	$I = A\ V^{\gamma}$
نسبة جهدي الاختبار	1.4	1.4	1.4
قيمة الأس γ	5.21	4.21	4.21
قيمة الثابت A	$^{4-}$(10) 1.69	$^{9-}$(10)3.77	$^{9-}$(10)4.77
نسبة تغير الجهد (%)	10	7	5
نسبة شدة الإضاءة	$^{5.21}$(0.9)	$^{4.21}$(93)	$^{4.21}$(95)
تغير شدة الإضاءة	0.5775 -1	0.737 -1	0.806 -1
نسبة الفقد (%)	42.25	26.3	19.4

7- An open space is lighted in all directions under the horizontal surface by three 1000 cd lamps which are placed 15 m apart at the corners of an equilateral triangle, the lamps being hung 6 m above the working surface. Deduce the illumination at :
(a) A point vertically below the midway between two lamps
(b) A point at the center of the space *(c) The total flux*

طريقة الحل: بالنظر إلي الشكل رقم 5- 12 نجد أن الإضاءة عند النقطة N تعطى بالصيغة

$$AN - d_1 = [\, y^2 + aN^2 \,]^{1/2} = [\, y^2 + 3x^2/4 \,]^{1/2}$$
$$bN = x/2 \quad \& \; d_2 = [\, y^2 + x^2/4 \,]^{1/2}$$

باعتبار أن الإضاءة تتبع البعد فنصل إلي

$$E_B = E_C = I \cos \theta_2 / d_2^{\,2} = (I/d_2^{\,2})(y/d_2) = Iy/d_2^{\,3} = Iy/[y^2 + x^2/4\,]^{3/2}$$

$$E_A = I \cos \theta_1 / d_1^{\,2} = (I/d_1^{\,2})(y/d_1) = Iy/d_1^{\,3} = Iy/\,[\, y^2 + 3x^2/4 \,]^{3/2}$$

Total Illumination at N $= E_A + E_B + E_C = Iy/\,[\, y^2 + x^2/4 \,]^{3/2} + 2\,\{\, Iy/\,[\, y^2 + 3x^2/4 \,]^{3/2} \,\} = 1000 \times 6\,\{1/\,[\,6^2 + 169\,]^{3/2} + 2/\,[\,36 + 56.25]^{3/2}\,\} = 15.6$ lx

aN = ac cos 30,

(ب) : النقطة M (أ) : النقطة N

الشكل رقم 5- 12 : توزيع شدة الإضاءة

At point M we have:

Gb = Mb cos 30 & Mb= 2 Gb / $(3)^{1/2} = x/(3)^{1/2}$

$d_3 = BM = [y^2+x^2/3]^{1/2}$

$E_M = 3\, I \cos\ \theta_3 / d_3^2 = 3\, I\, y / d_3^2 = 3\, I\, y // [y^2+x^2/3]^{3/2} = 3x1000 \times 6 / (36+75)^{3/2} = 15.38$ lx

since MHSCP = total flux / 2 π

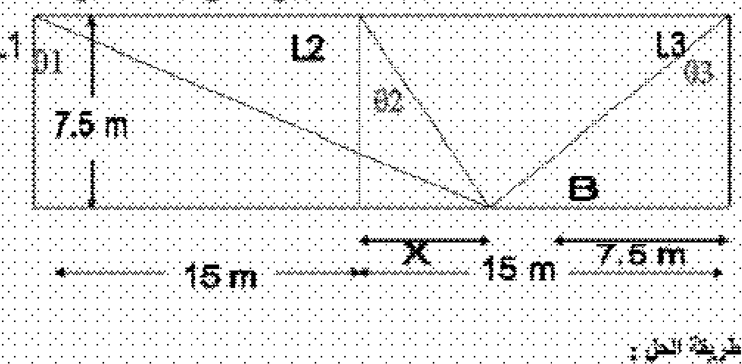
then, Total flux = 2 π x 3 lamps x 1000 cd = 18850 lm

8- A street is illuminated by 70.5 m above surface lamps 15 m apart where the polar curve is given by Table 5-24 . Find an illumination curve for the middle of the road, from a point vertically below one lamp to a point on the road midway between two lamps. Light after 15 m length may be neglected.

Table 5-24

Angle to vertical	0	10	20	30	40	50	60	70
Luminous Intensity (cd)	160	180	190	170	140	100	75	50


الشكل رقم 13-5 : توزيع مصابيح الإضاءة بالموقع



طريقة الحل :

من الجدول السابق ومن الرسم المبين لتوزيع مصابيح الإضاءة والزوايا المقابلة لكل وضع منها عند النقطة الواقعة علي المسافة x من مسقط المصباح رقم 2 نستطيع حساب هذه الزوايا رياضيا كما ورد في الجدول رقم 5- 25بينما الإضاءة عند النقطة هذه تعتمد علي قانون الضوء لتربيع جيب تمام الزاوية في الصورة

$$E = I \cos^2 \theta \ / h^2$$

الجدول رقم 5- 25 :نتائج الحساب لإيجاد الإضاءة الكلية علي طول المسار

X (m)	0	1.5	3	4.5	6	7.5
θ_1	63 26	65 33	67 23	68 58	70 21	71 34
θ_2	0	11 18	21 48	30 48	38 39	45
θ_3	63 26	60 57	58	54 28	50 12	45
I from above Table	64	60	54	51	49	46
I from above Table	160	182	189	166	146	120
I from above Table	64	70	80	90	100	120
$\cos \theta_1$	0.4473	0.414	0.38	0.36	0.33	0.31
$\cos \theta_2$	1	0.9806	0.93	0.86	0.78	0.72
$\cos \theta_3$	0.447	0.486	0.53	0.58	0.64	0.72
$\cos^2 \theta_1$	0.0895	0.071	0.06	0.05	0.04	0.03
$\cos^2 \theta_2$	1	0.943	0.8	0.63	0.48	0.37
$\cos^2 \theta_3$	0.0895	0.114	0.15	0.16	0.26	0.37
E_1 (lx)	0.1018	0.076	0.054	0.04	0.03	0.03
E_2 (lx)	2.844	3.051	2.66	1.87	1.24	0.79
E_3 (lx)	0.1018	0.14	0.21	0.25	0.46	0.79
$E = E_1 + E_2 + E_3$ (lx)	3.048	3.27	2.93	2.16	1.74	1.61

الأحمال الكهربية في المدن المتخصصة

ELECTRIC LOADS IN SPECIALIEZED CITIES

نظرا للتطور التكنولوجي الهائل على البسيطة مع القرن العشرين وحيث أن التزايد السكاني على المستوى العالمي يمثل ضغطا كبيرا على القادة والعلماء من أجل تلبية طلباتهم واحتياجاتهم المعيشية وهو ما ساعد بشكل مذهل في المزيد من الابتكارات والتطور السريع المتعاجل وهو ما جعل الفكر الانساني يتجه إلي إنشاء مدن بعينها لغرض ما فمثلا نجد الرياضة قد تطورت وزادت مما جعل المسئولين بالعمل على إنشاء المدن الأوليمبية لتغطية إحتياجات الدورات الأوليمبية وبالتالي نجد أن هذه المدن قد زادت بسبب أن الدورة الأوليمبية يتغير مكانها كل مرة من دولة إلي أخرى. لهذا كان من الضروري التعامل مع موضوع القرى أو المدن المتخصصة.

الأحمال الكهربية في المدن المتخصصة تمثل الأحمال الكهربية وشبكاتها الكهربية في المدن عموما كما سبق الشرح للشبكات الكهربية بشكل عام وكما سوف يرد في هذا الكتاب من خلال الفصول التالية ولهذا سوف نترك في الفصل الحالي أشكال الشبكات ونتعامل مع أهم الأحمال الكهربية في تلك المدن المتخصصة. نعني بالمدن المتخصصة تلك المدن التي أنشئت لغرض محدد ومنها المدن والقرى الرياضية وكذلك المدن المسرحية مثل مدينة والت ديزني لاند في أمريكا ومدينة الإنتاج الإعلامي بالقاهرة في مصر، كما يمكن أن نرى مدنا ترفيهية للأطفال وغير ذلك من الأغراض.

هذه المدن بشكل عام يغلب عليها الإعتماد على أدوات العرض المسرحي لإظهار شكل جمالي للمعروضات ومن هنا ندخل إطار الشرح لمحتوى المدينة من هذا الطراز حيث تعتمد بشكل جوهري على وسائل الإضاءة وهو ما يعني التعامل مع الأنواع المختلفة من الإضاءة الخاصة غير المتداولة إنتشاريا ومن ثم نتعرف على هذه الأدوات وإن كانت تتركز في أدوات وأغراض الإضاءة الإستعراضية أو الإضاءة المسرحية **Theatre Illumination**.

تعتبر الإضاءة من أهم أدوات العمل في دور الفن وهي الأماكن التي تستهلك الكثير من الأحمال الكهربية في المدن، وخصوصا تلك المدن الفنية المتخصصة مثل مدينة الإنتاج الإعلامي بمصر، ولهذا تلعب الإضاءة في الحياة العصرية دورا هاما على كافة المستويات ولم يتوقف الاستخدام واسع النطاق لها على الأعمال اليومية بل امتد ليشمل ما هو أبعد من ذلك في بعض الحالات العديدة سواء كانت في العمارة أو في الصناعة أو غيرهما. كما يلزم التنويه على أن المسارح من وجهة النظر الكهربية تتشابه مع القاعات الكبرى ومع المكتبات الضخمة ذات الأغراض الخاصة مثل مكتبة الإسكندرية ومع قاعات المؤتمرات الدولية مثل تلك الموجودة في مدينة نصر بالقاهرة وغيرهم في مجال الشبكات الكهربية ومدها أو أوضاع الإضاءة العامة وأدواتها ومشغلاتها.

6-1: نبذة عامة

تعتمد جميع الأعمال الفنية والعادية على الإضاءة كوسيلة أساسية للرؤية المجردة ولكنه مع التطور الهائل في الأعمال المدنية والحضارة البشرية على البسيطة دخلت الإضاءة مجالات عدة لتلعب دورا أهم بجانب الرؤية ؛ ومن ثم توجهت أغلب أعمال الديكور والتزيين إلي نوعيات الإضاءة واستعانت بها لتصبح الأداة الرئيسية في بعض الأحيان ومن هذه التطبيقات نرى الأنواع المختلفة من مصابيح المطاعم الفاخرة والمنازل الراقية وغيرهما ؛ كما دخلت هذه الإضاءة في مجال التجميل وإظهار مفاتن الفنون والأعمال القديمة مثل إضاءة الآثار والمناطق الأثرية كما أنها تداخلت مع الفن المعماري لإضفاء اللمسة الجمالية فظهرت في العديد من الأبنية الحديثة بل وأصبحت من القواعد الأساسية.

أولا: أنواع المسارح Types

تتنوع المسارح من أثرية إلي حديثة أو ضخمة إلي صغيرة أو متعددة الطبقات إلي وحيدة الدور إلي غير ذلك تبعا لما ينظمه المتخصصون المعماريون وما يضعوه من أسس لهذه التقسيمات ولكننا هنا سوف نتناول المسارح من الناحية الهندسية كهربيا فقط ولذلك سنتعامل مع النوع منها في الإطار التالي:

1- المواقع المسرحية المكشوفة (الصيفية) Outdoor

المناخ الصيفي الجميل الذي نتمتع به بلادنا يجعلنا نتميز عن تلك البلاد الباردة ويظهر عندنا مثل هذا النوع المكشوف من الأبنية حيث لا تمطر السماء ومن أهم هذه الأبنية تلك التي تخص الأحوال الترفيهية والثقافية مثل دور السينما والمسارح والملاهي المكشوفة وغيرها ونحن هنا نتعامل مع الأعمال الضوئية سواء كانت تلك الإنارة العادية أو الأعمال المسرحية ولكن لا يمكن أن ندخل أعمال الأوبرا داخل هذا النطاق لما تحتاجه من صمت وهدوء قد لا تتوفر في مثل هذه الدور ومن ثم كان التعامل مع الإضاءة المسرحية بشكلها المسرحي دون الموسيقي رفيعة المستوى وهذا كله يدخل في نطاق الأعمال المسرحية المعتادة من الناحية الكهربائية . كما تتميز هذه النوعية من المسارح باتساع المساحة الأرضية إضافة إلي تركيز الأعمال الكهربية وشبكاتها علي الجوانب والأرضية فتزيد بذلك الكثافة الكهربية في وحدة المساحة الجانبية كما تحتاج هذه النوعية من المسارح إلي إضاءة أقل من تلك لغيرها من الأنواع ومن المسارح الأثرية تلك المسارح أو بالتالي المدن الأثرية -- حتي وإن كانت صغيرة -- مثل المسارح اليونانية القديمة في أثينا والرومانية أيضا في روما وغيرها إلي تلك الفرعونية المصرية.

2- المواقع المسرحية المغطاة (الشتوية) Indoor

تظهر الأبنية المغلقة كواحدة من الأساسيات المطلوبة عند التعامل مع الأحداث الهامة وهي لذلك تدخل في نطاق دور الأوبرا والموسيقي الكلاسيك والمعاهد الموسيقية والأكاديميات العلمية المتعاملة مع هذا الفن الراقي، ويضاف إلي ذلك قاعات الاجتماعات الكبرى والسياسية وقاعات الاحتفالات القومية مثل مبنى المؤتمرات الدولية بمدينة نصر بالقاهرة وقاعة الاحتفالات الكبرى بجامعة القاهرة ودار الأوبرا المصرية بالجزيرة ومنها المسارح الصغيرة المحدودة وغيرهم، ومهما كانت النوعية فالتعامل مع الدوائر الكهربية والأجهزة الكهربية التي تخص هذه المناطق المغلقة من حيث الإضاءة المسرحية والموسيقي الراقية وكذلك التركيبات الكهربائية لمد هذه الشبكات الداخلية بجانب الإنارة المطلوبة لهذه النوعية من القاعات فهي من حيث المبدأ تلك المسارح المعتادة والتي قد تشمل أكثر من طابق وقد تصل بها الأناقة كما في دور الأوبرا أو كما في دور السينما حيث يلعب السقف دورا هاما في الشبكات الكهربية سواء من جهة التغذية الكهربية أو من ناحية استخدامات الإضاءة وأنواعها المختلفة داخل القاعة المسرحية، وتزيد هنا مساحات مسطحة في السقف لتعطي مسارات أخرى للشبكات الكهربية وهذه الأسقف تخضع لنوعين هامان من وجهة النظر الكهربية هما:

(أ) سقف عادي Normal Ceiling

يظهر هذا النوع من الأسقف في العديد من المسارح العادية أو دور السينما الصغيرة وفي قاعات المحاضرات العادية وتتم فيه أعمال الشبكات الكهربائية كالمعتاد في كل الأسقف في الأبنية المعتادة في العمارات أو الملاعب الشاسعة وليس هناك ما يمكن أن يزيد أكثر من أنه من الضروري تركيب شبكة البحث عن منشأ الحرائق وذلك من أجل حماية المشاهدين قبل حدوث الكارثة حال تواجدها وهي لا تختلف كثيرا عن ذلك النوع التالي من الأسقف، ومن هذه الناحية نجد أن التوصيلات والمستخدم فيه Traditional Type الكهربائية من الأنواع التقليدية

الخراطيم Hoses والمواسير Pipes وأدواتهم والملحقات المعروفة وذلك تبعا للمواصفات الفنية Technical Specification والقياسية والكود المصري Egyptian Code أو المحلي لكل بلد.

(ب) سقف معلق Suspension Ceiling

يعطي هذا النوع مساحة فنية أوسع للعمل مع الشبكات الكهربية والتعامل مع أجزائها المتباينة من تغذية أو إضاءة أو تشغيل أو تحكم بل ويسهل أمور الإمدادات الكهربية لكل الأجهزة العاملة على السطح أو تحت السقف بما في ذلك أجهزة التكييف Air Conditioning Device سواء كان مركزيا أم لا، ويمثل بذلك الفراغ ما بين السقف المسلح والآخر المعلق قناة صالحة لمسار الكابلات والأسلاك Wiring تختفي عن العين المبصرة. وتسهل أعمال الصيانة والمراجعة.

ثانيا: مستوى الاستخدام المسرحي Operation Level

كما ذكر من قبل أن المسرح الصيفي يقرب من العمل العادي بينما المسرح الراقي مثل الأوبرا يعني مستويات أفضل ومن ثم لزم التنويه عن هذه النوعيات بإيجاز شديد لتبسيط الوضع أمام القارئ وتمهيد للدخول في جوهر الموضوع ولذلك توضع الاستخدامات المسرحية في درجات متتالية كما هو آت:

(أ) مستوي عادي Normal Level

يأتي المستوى العادي للاستخدام المسرحي على بداية الطريق في هذا المجال فنجد منه المسارح المتنقلة والمسارح المدرسية والمسارح الطلابية أو تلك في مراكز الشباب وهي لا تحتاج إلي التقنيات العالية ولا تعمل بصفة الاحتراف بل تدخل في دائرة الترفيه وفي بعض الأحيان في مجال الثقافة والعلم وقد تظهر في قصور الثقافة المنتشرة في كل أنحاء الجمهورية، ويكفي في هذه النوعية البسيطة وجود الكشافات المعتادة وقد تكون السيكلوراما حيث أعلي درجات التقنية المستخدمة وبشكل يدوي بالرغم من أنه قد تهتم الدولة بأي من هذه المسارح وتضع لها كل المساعدات لترقي وتصبح مجهزة على أعلى المستويات.

(ب) قاعة مؤتمرات Conference Level

تظهر هنا النوعيات المتقدمة من الأعمال الفنية فتظهر الأعمال الصوتية بجانب الضوئية بل وقد تأخذ المركز الأول في الأهمية حيث تكون القاعات مجهزة للعمل الصوتي نظرا لطبيعة العمل في المؤتمرات فنرى ضرورة تركيب الدوائر الصوتية الخاصة بالترجمة الفورية بجانب توصيلات شبكة كهربية لتغذية الحاسبات بالقاعات أو في الملحقات الداخلية وبالتالي تظهر أهمية تواجد قاعة للتعامل مع الصحافة وأخرى للعمل في شبكة الإنترنت إضافة إلي ضرورة تواجد مستلزمات المحاضرات من عارض الحاسب بالفيديو وغيرها من الأدوات الأخرى ومكونات المنصة والقاعة المضافة للمؤتمرات الصحفية وإلقاء البيانات والتصريحات خصوصا إذا كانت القاعة تخضع للمستوى القومي، ويجب التركيز على مركز لخطوط الحاسب الآلي لتغطية كافة المناسبات. لا يتوقف الوضع عند هذا الحد بل يمتد إلي ضرورة إضافة الأعمال الصوتية التي تخص الأعمال المسرحية حتى يكون المقر ملائما لعرض العروض المسرحية والتي عادة نحتاجها في حفلات الافتتاح والختام عند إقامة أي مؤتمر، وهذا يعطي هذه القاعات درجة عالية من الأهمية كما يزيد من حجم الأعمال فيها والتي قد تفوق عن الأعمال المسرحية في مسرح شيد لهذا الغرض فقط .

(ج) قاعة اجتماعات Official Meeting

ينعكس الحديث الوارد في البند (ب) علي هذا المجال حيث تأخذ الاجتماعات نفس الطراز الخاص بالمؤتمرات في الكثير من الصفات مع الفارق بينهما من حيث حجم القاعة أو طبيعة ترتيبها فنيا وإداريا.

(د) مستوي رفيع High Level

يتبع هذا المستوى كل الأعمال الراقية والتي تتعامل مع الموسيقى الراقية مثل الكلاسيك أو الأوبرا أو المسارح الغنائية (الأوبريت) وتحتاج إلي كل ما هو قد سبق الحديث عنه في كل المستويات السابقة إضافة إلي النوعيات الخاصة من الكشافات والأجهزة الآلية والتي تعمل مع الحاسب الإلكتروني بجانب أعمال الموسيقى المضافة علي أجهزة العمل مع المنظمات الصوتية كأحد الأنواع القياسية المتداولة بالأسواق.

ثالثا: أنواع الإضاءة Classification

تعتبر الإضاءة بصورة عامة واحدة من أهم الخدمات الهندسية الضرورية والتي يتحدد عليها الشكل العام والذوق الفني أمام المشاهدين ولها محورين هما:

المحور الأول: الإضاءة العامة General Lighting

قد وصل الاهتمام بالإضاءة وتكنولوجيا الانتفاع بها إلي مستويات رفيعة خصوصا في تلك المسارح التي تعتمد علي الشكل المعماري وهذه تشمل نوعان من حيث المبدأ هما:

أولا: الإضاءة اليدوية Manual Lighting

تعتبر هذه النوعية من العمل قديمة ويجب تغييرها لأنها هي المتبعة منذ الظهور الأول للإضاءة بشكل عام كما أنها قد تستهلك كثيرا من الطاقة في المجمعات الضخمة والكبيرة ولكنها منتشرة لبساطة التعامل معها وهنا نفرد لها:

1- إنارة الشوارع Street Lighting

يتم إنارتها بشكل عام وعادة من داخل محطات الكهرباء مباشرة وتعمل بالأسلوب اليدوي ويقوم بذلك مهندسو المحطات حيث يتم تشغيلها مع بداية الليل وقت الغروب ويتم رفعها من الخدمة مع أول ضوء الشروق غير أنه تتواجد بعض الدوائر الآلية لإنارة هذه الشوارع من خلال الخلايا الكهروضوئية Photo Cell العاملة بالطاقة الشمسية Solar Energy بحيث مع انتهاء ضوء النهار تعطي الأمر الكهربي بقفل الدائرة الخاصة بالإنارة وعندما يظهر الضوء مع الشروق ويزيد إلي الحد المطلوب تقوم بفتح الدائرة الخاصة بهذه الإنارة.

2- إنارة المنازل Home Lighting

تعمل هذه النوعية بالأسلوب اليدوي خصوصا وأن المسافات بين المصابيح قليلة (قد تتلاشى عمليا أحيانا) كما أن أسلوب التجميل مختلف وغير ثابت ولا تعتمد علي أي أساس مقنن يجوز معه التعامل رياضيا أو غير ذلك من الصفات المنتظمة ومهما كانت النوعية المنزلية فهي عشوائية الأداء ومتباينة الاستخدام، إلا أن السلالم تحتاج إلي النظام الآلي حيث يستخدم علي نطاق واسع نظام الدفاتير لإنارة السلالم ترشيدا لاستهلاك الطاقة الكهربائية Automatic System وتلبية الإنارة فور الحاجة إليها أما بالنسبة للقصور الضخمة وهي ذات المسافات البينية الطويلة والأدوار المتعددة نجد أن التعامل مع الدوائر الكهربائية الخاصة بالإنارة العاملة بها قد تحتاج إلي هذه النظم الآلية ويدخل فيها اليوم المشغلات الدقيقة، والحاسبات الإلكترونية Computers دخلت الحاسبات إلي الميدان وانتشرت وأصبحت من الدوائر الرئيسية ترشيدا للاستهلاك ومنعا للحوادث التي قد تنجم عن أية أخطاء من تشغيلها أو تركها تعمل دون مراقب، وهي من الخطوات الهامة التي ساهمت في تطور المسرح علي وجه العموم من الناحية الهندسية. تدخل أيضا المجمعات الضخمة علي الطرق السريعة بجانب القصور وهي مثل المجمعات التعليمية والجامعات والمدارس عالية الكثافة واسعة المساحات والمستعمرات السكنية جماعية الطابع مثل المدن

الخلفية وبيوت الشباب الكبيرة والمدارس الداخلية وأيضا الأسواق التجارية والمناطق الحرة التي تقع علي مساحات شاسعة من الأرض. كما يجب ألا ننسي أهمية الإضاءة حضاريا لدور العبادة داخليا وخارجيا لتظهرها بالمظهر الجميل مع الروحانيات والشعور الإيماني والإحساس النفسي.

3- إنارة المقار الحكومية *Lighting of Governmental Sites*

تحتاج هذه المواقع إلي النظام الآلي بصفة جوهرية لأنها تتعامل مع العشوائيات **Random** المتباينة وقد يكون الاهتمام أقل عن القطاعات الخاصة الأخرى وهي في أغلب الأحيان يدوية إلا أن الحاجة ماسة للاعتماد علي الحاسب الإلكتروني والمشغلات الدقيقة، ومن هذا المنطلق نحتاج إلي تطوير جميع أنواع دوائر الإنارة من الوضع اليدوي في التشغيل إلي النظام الآلي من أجل الترشيد والحفاظ علي درجة عالية من الأمن الصناعي من الجهة الأخرى وتظهر أهمية هذه النظم في التعامل مع المخازن وخصوصا تلك المنتشرة علي أراضي واسعة أو تلك التي تحتوي المواد القابلة للاشتعال أو القابلة للانفجار.

مهما كانت الحاجة ماسة للتعامل اليدوي تكون الحاجة أشد إلي الاعتماد علي النظام الآلي في الفصل والتوصيل ويكون بتوقيتا زمني في الأماكن التي تناسب هذا ويتغير توقيت في المناطق الأخرى والتي لا تحتاج إلي الوقت لطبيعة العمل فيها أو في أسلوب التعامل معها، كما تنتهج ذلك الطابع القرى السياحية والفنادق الصيفية والمصيف الجماعي من حيث النظم المتبعة بعدم التدقيق في أعمال الكهرباء عموما.

(أ) إضاءة القاعة Hall Lights

تعتبر القاعة من المواقع الخاصة في التعامل مع الإضاءة فمنها أنواع مثل القاعات الرياضية أو القاعات الدراسية أو الورش المعملية أو القاعات الخاصة بالقصور أو القاعات الملحقة علي المسارح أو قاعات المسارح ذاتها وهي محور الحديث هنا حيث نحتاج إلي إنارتها بدرجات متفاوتة فنحتاج إلي إنارة السقف والحائط والأرضية حيث السلالم وفي جميع الأحوال تكون إنارة السلالم خافتة لأنها تستخدم فقط في حالة الإظلام التام للقاعة بينما النوعين الآخرين يحتاجان إلي درجات متباينة الإضاءة بمستوياتها المختلفة عالية الاستضاءة أو متوسطة ثم المنخفضة قبل الإظلام التام أثناء العرض المسرحي وكلها وسائل متباينة تحتاج إلي الفن والذوق في الأنماط التي يجب أن تستخدم لتريح العين المبصرة قبل الاندماج مع العرض المطلوب مشاهدته، ومن ثم نحتاج إلي النظام الآلي في التعامل لتخفيض مستوى الإضاءة تدريجيا من مرحلة إلي ثانية إلي أخيرة بينما في العقود الأخيرة ظهرت الأجهزة التي تتعامل مع المشغلات الدقيقة والحاسب الإلكتروني وتستطيع بذلك تخفيض الإضاءة بأسلوب تدريجي مستمر وليس علي مراحل كما كان متبعا من قبل وبذلك نحافظ علي درجة رؤية المشاهد ونعطي الفرصة للانتقال من الحالة المضاءة تماما إلي المظلمة تماما دون أي تأثير ضار علي الرؤية البشرية سواء للمشاهدين أو للعاملين في ذات الحقل.

(ب) إضاءة حجرات الخدمات Serves Room Illumination

تحتاج حجرات الخدمات (هي متعددة فمنها حجرة التحكم أو حجرة الإشراف علي حركة الممثلين أو موقع الملقن أو حجرة الممثل والمخرج) إلي أنواع الإضاءة المعتادة مثل إنارة المنازل والمقار الحكومية والمطاعم السياحية أيضا ولكننا هنا نحتاج إلي وضعها علي الخريطة الآلية للتشغيل مع الحاسب الإلكتروني وأجهزة التحكم في الإضاءة داخل المسرح ، وخصوصا الحجرات الخاصة بالتشغيل (مكان العاملين ومتابعة الصوتيات بالمسرح ومراقبة العمل) وأماكن الممثلين والمخرج وغيرهم من العاملين وقت إظلام القاعة أي وقت الأداء المسرحي.

ثانيا: التحكم في الإضاءة *Controlled Lighting*

مما سبق نستطيع تفهم مدى أهمية التعامل مع الإضاءة التلوينية خصوصا مع الأعمال مسرحية الطابع وليس بالضرورة أن تكون في المسرح فقط ولكنها تلك الأعمال التي تحتاج إلي إضاءة من شكل محدد ومركز وله طابع

مميز وقد يظهر مع الأعمال السينمائية أو في أستوديو التصوير أو في المواقع الأثرية أو علي حدود المعسكرات العسكرية أو المواقع النائية والتي تحتاج إلي الحراسة مثل الحدود الدولية وغيرهم . هذا هو النوع المستقبلي والذي يجب أن تخضع له جميع الأعمال اليومية في المصانع والمجمعات الضخمة والمستعمرات السكنية وفي الشوارع وغيرهم لما سوف توفره من الطاقة وبالتالي في تكلفة الاستخدام الكهربي في مجال الإضاءة، وهذه العملية تعتمد علي محوري التشغيل وهما محوري التأكد من سلامة المنبع ووصوله إلي وحدة التحكم أولا بينما الثاني يشمل خطوات التعامل والتنفيذ بعد التأكد من وجود التيار وسلامة الدوائر **Circuits** المختلفة الداخلة في الأداء، وبناء علي هذا نضع الهيكل التنظيمي للتأكد من وصول التيار بسلام إلي جميع الوحدات العاملة بالمنظومة لتشغيل الإضاءة من هذا المنطلق كما هو مبين في الشكل رقم 6 – 1. كما أنه في حالة الفصل التلقائي للجهاز **Automatic Tripping** للجهاز يلزم ضرورة التأكد من:

1- مجموع الأحمال الكلية **Total Loads** المتواجدة علي الوحدة من كل المنظمات الضوئية لأن التحميل الزائد **Over Load** قد يودي بالجهاز ولذلك يلزم احتساب مجموع الأحمال الكهربية علي الجهاز والتأكد من قيمتها الإجمالية وأنها لا تتجاوز الحمل الأقصى المقنن.

2- درجة حرارة الهواء المحيط **Ambient Temperature** مناسبة وغير مرتفعة حيث أن الدرجة المقننة هي 35 درجة مئوية كحد أقصي ولهذا السبب يجب أن توضع هذه الأجهزة داخل حجرات مكيفة الهواء لضمان عدم ارتفاع درجة الحرارة في أي وقت ، وهذا يفيد بضمان عمل المراوح **Fans** القائمة علي تبريد الجهاز وأجزائه وأن الأحمال الكهربائية علي المنظم الضوئي **Dimmer** لم تتعدى النطاق المحدد. يقوم الجهاز تلقائيا بخفض مستوى تحميل **Loading Level** المنظمات الضوئية أولا عند ارتفاع درجة الحرارة ثم زيادة هذا الخفض مع استمرار الارتفاع الحراري ثم الفصل النهائي **Final Switching Off** كنوع من الوقاية الضرورية **Necessary Protection** لهذه الأجهزة.

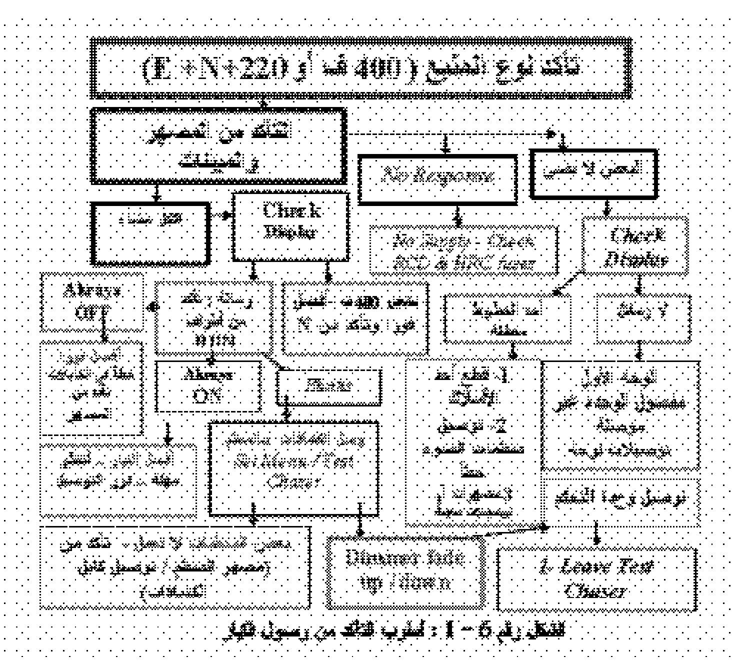
3- التأكد من المصابيح العاملة **Lamps** ووصلاتها الكابلية ***Cable connections*** لأن الخلل في التوصيل أو التركيب سيسببه عدم وصول التيار إلي جميع المواقع العاملة داخل الجهاز.

4- فصل الجهاز ثم تغيير المصهر لأن المصهر أول أداة واقية ولا يجب تغييرها علي الحمل خصوصا عند تركيبها وحتى لا يقع عليها التيار الكلي وقت التركيب منعا للشرارة **Sparking**.

5- توصيل الجهاز مرة أخرى بعد تركيب المصهر البديل **New Fuse** عن ذلك الذي خرج عن العمل

أما الشكل رقم 6-2 فيعرض المحور الثاني والخاص بخطوات التشغيل كاملة وهو ما ينطوي علي طريقين متجاورين داخل المنظومة عند تحميل 50 % من حمل المنظمات الضوئية كي تتفادى التحميل الكامل المفاجئ فيكون التحميل تدريجيا ويتم العمل حتي نصل إلي نصف الحمل الكلي وبالتالي نبدأ في اختبار الإشارات التي تعمل وتحديد تلك التي لا تعمل.

هذا الأداء مهما داخل الاختبار حتى نستطيع التعامل مع القنوات بسلامة تامة أثناء التشغيل ويعرض الشكل رقم 6-3 الدائرة الرئيسية **Basic Circuit** لتوصيل المنظمات الضوئية **Dimmers** معا من خلال وحدة التحكم وهي ما يمكن أن تتم لتوصيل 24 منظم أو 12 وهكذا، علما بأن أطراف الخروج **Output Socket** دائما علي 25 طرف **Terminals** 25 وتعمل مع الجهد صفر و 10 و 5 فولت والرسم يختص بحالة 24 منظم ضوئي وفيه أيضا نجد أن أسلوب المفتاح الضاغط أساسا للتعامل مع التوصيل إلي دوائر التيار المستمر بالجهد المشار إليه عاليه.



الشكل رقم 6 – 1 : أسلوب التأكد من وصول الكهرباء

تأخذ المعتمات الحديثة البيانات الأساسية كما يلي:

1- تعمل بقدرات مقننة 3 ، 5 ك. و.

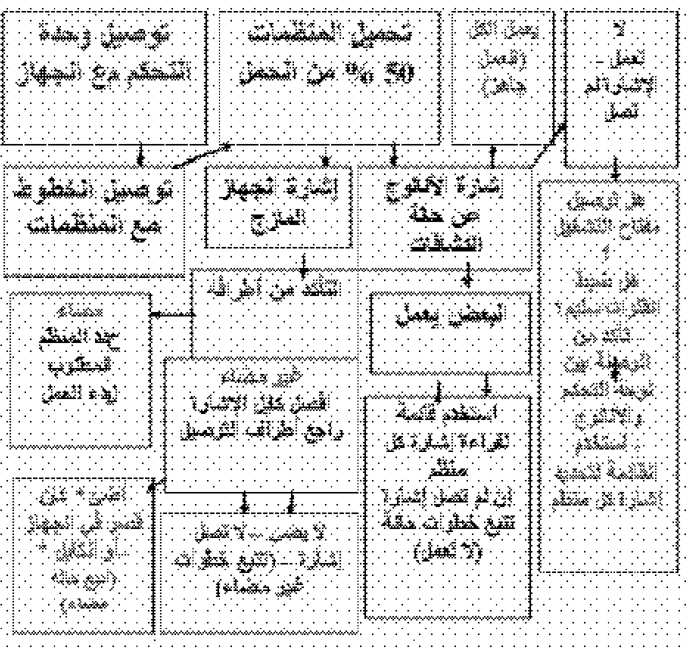
2- مشغلات دقيقة رقمية 100 % *Digital*

3- تسمح بدرجات حرارة بين 5 كحد أدنى و 35 درجة مئوية مع 90 % كأقصى رطوبة نسبية **Relative Humidity**

4- تعمل مع كلا من الطور المفرد والثلاثي مع نقطة تعادل بمدى الجهد المقنن مع ± 10 %.

5- تتم الوقاية بالمصهر **Fuse Protection** لكل منظم ضوئي على حدة بإجمالي 100 ك.أ قصر

6- تظهر أحيانا مركبة للجهد الثابت **D C Component** ولكنها ضعيفة لأنها لا تزيد عادة عن 1 فولت عند الحمل الكامل **Full Load**



الشكل رقم 6 – 2 : أسلوب التأكد من توافر الإشارة

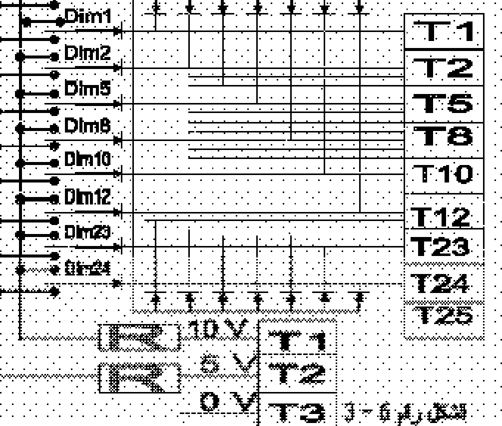
7- مناسبة للعمل مع الأحمال خاصة المقاومة Resistive وكذلك الأحمال الحثية Inductive مثل مصابيح النيون أو الفلورسنت بخفض الجهد مع محولات مناسبة *Suitable Transformers* وأيضا مع المصابيح الفلورسنت بالاستعانة بملف خانق Ballast مخصص لهذا الغرض.

المحور الثاني: خشبة المسرح Stage Lights

تحتاج خشبة المسرح إلى عناية فائقة واهتمام بالغ من حيث أحمال الإضاءة التي تلزمها الإضاءة المركزة Concentrated Light بجانب المنتشرة Spread Lighting وكذلك ذات الخلفية وهي كلها ذات

1- إضاءة مسرح العرض Stage Lighting

تمثل خشبه المسرح أهم المواقع التي تحتاج إلي الرعاية ومن ثم تكون أعمال الإضاءة فيها متواكبة مع المتطلبات والضروريات وحيث أنها تتباين في الاستخدام فهي هامة أثناء العرض المسرحي للتعامل مع الخلفيات المسرحية وإلقاء الضوء علي المعاني الأساسية فيها وإظهارها بل وتلوينها إذا احتاج الأمر كما أنه لا يقتصر الوضع علي ذلك بل يمكن الاستعانة بها عند إلقاء البيانات أو حتي عند عقد المؤتمرات والندوات وتأخذ بذلك طابعا متباينا مع الأول وفي هذه الحالة لا بد من توفير كل المتطلبات لكل أنواع الاستخدامات وفي هذه الأنواع سنستعرض كيفية التعامل معها في السطور التالية.



شكل رقم 6 - 3

2- إضاءة الممثل أو الفرد علي خشبه المسرح

تحتاج دائماً توضيع الممثل في دائرة ضوئية كي يبين معه أنه من أهم الممثلين عند التحدث أو أداء الحركات التعبيرية والموتورية وهنا تكون المساحة مثبتة للتعامل مع نوعيات معينة من الكشافات الضوئية Spot Lights، أما إدارة عملية الإضاءة من خلال وسائل تحكم آلية ويستفيد لها البنود التالية لما بعد عند التوعي لتقنيات هذه الإضاءة خصوصاً وأن الإضاءة للممثل وحده تحتاج إلى توضيحات معينة دون غيرها.

3- إظلام خشبه المسرح أثناء تغيير المناظر

في كثير من الأحوال نحتاج إلي إظلام متعمد لإجراء تغييرات في المشاهد أثناء العرض داخل الفصل المسرحي وبدون توقف المسرح أو المعني العام له ويظهر بذلك التحكم الآلي وأهمية وما سوف يلعبه من دور أساسي في هذه العملية ولذلك سوف نتناول هذه التقنيات الحديثة والتي تعتمد علي الدقة والتوقيت المناسب فيما هو لاحق من هذا الفصل.

تلك هي محاور الإضاءة في القاعات المسرحية فنجد البسيط والمعروف مثل المحور الأول والثاني بينما نري الهام جدا في المحاور الأخيرة إلا انه مع التكنولوجيا الحديثة أمكن الدمج بين المحاور جميعا.

6-2: تقنيات وسائل الإضاءة Technology Concept

يدخل في الاعتبار العديد من الأسس التكنولوجية منها:

أولا: مشغلات دقيقه microprocessors

تعتبر المشغلات الدقيقة من أهم الأعمال الفنية التي ساعدت من التقدم العلمي في العصر الحديث وقد نتج العديد من الاختراعات التي تساعد بدرجة ما في تبسيط الحياة على البسيطة ولهذا دخلت في مجال الإضاءة المسرحية وساعدت إلي حد كبير في التطور المعاصر للأعمال المسرحية ونجد في الشكل رقم 6-4 الصورة التخطيطية العامة لوحدة المشغلات المركزية CPU غير أنه تتواجد الأنواع الأخرى والأعمال في الأداء وفي الإمكانيات المتاحة للعمل في هذا الميدان

تعمل هذه الدوائر والتي تعرف باسم اللوحة الأم Mother Board اعتمادا على سرعة المشغلات الدقيقة المركبة عليها وهي الآن أكثر تطورا عن ذي قبل وأصبحت السرعة Speed تتلاءم مع الزمن الفعلي في تنفيذ العمليات الرئيسية وهي تعني المشغلات التي تحدد أسلوب العمل مع وحدات التحكم الخاصة بمثل هذه الأجهزة الموضحة كما نراها في الشكل رقم 6-5 حيث تظهر القائمة منطقة للعمل وبينها بين الاختيار وتخزينه بالذاكرة وإنشاء الخصائص ومنافذ التشغيل المطلوبة وتحديدها كما يمكن إضافة المؤثرات الصوتية الخارجية Audio والألحان الموسيقية منها خصوصا وأن

Processors

Power /Earth

IN / OUT

Analog In/Out

خطوط متعددة

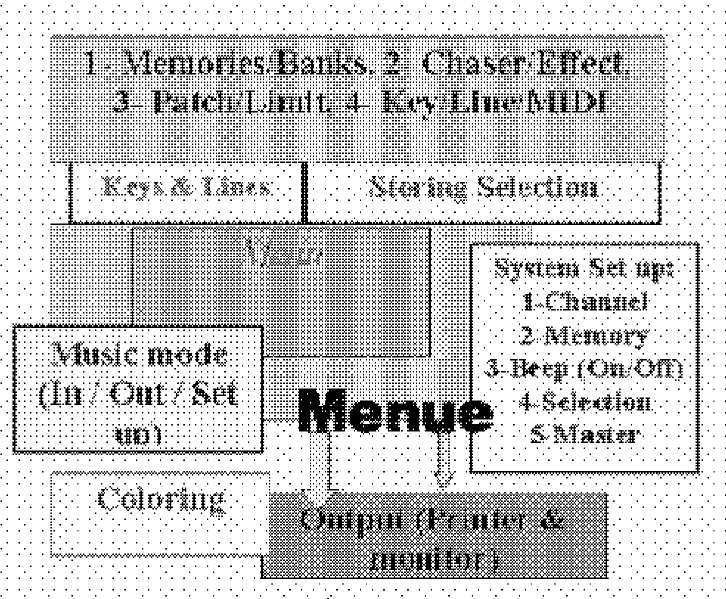
الشكل رقم 6 – 5 لوحة المشغلات الدقيقة

العمل بهذه الأجهزة يكون في ميدان المسرح والعناية أساسية فيها، إضافة إلي ما سبق نستطيع التعامل مع الألوان الخاصة بالإضاءة وذلك بشكل آلي أو يدوي حسب الأحوال.

يظهر أيضا من الشكل أن الجهاز يعطي إمكانية الإخراج Output سواء كان ذلك على الطابعة Printer أو من خلال الشاشة العارضة Monitor ويلحق عادة بالجهاز شاشتين إحداهما وهي الأساسية تكون ملونة Color والأخرى إضافية من النوع الأبيض والأسود توفير للتكلفة.

ثانيا: وحده تحكم (Lighting Control Desk)

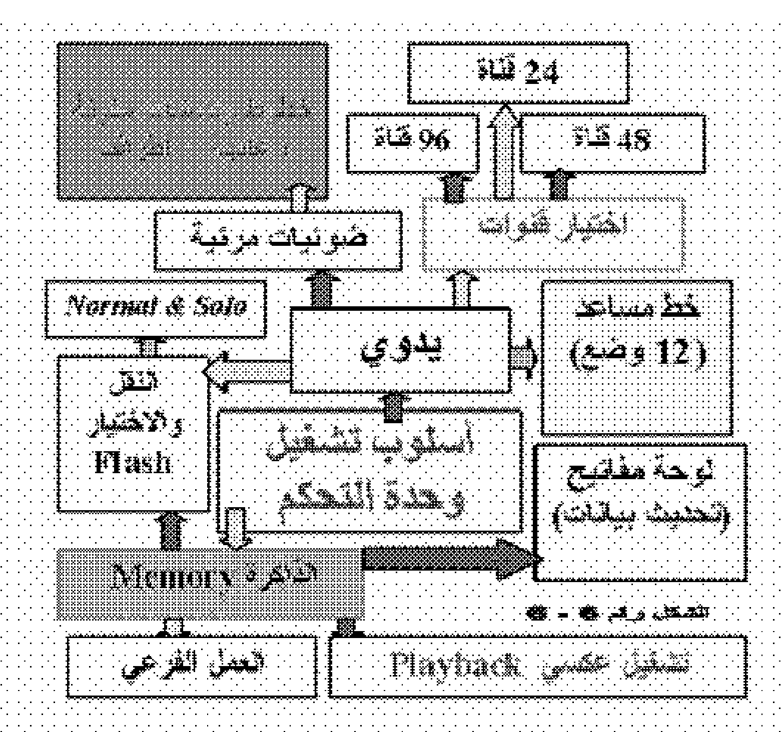
يجب أن تقع هذه الوحدة من حيث المبدأ في إطار عام يتيح الفرصة للتشغيل بأي من الوسائل المعروفة كما هو موضح بالشكل رقم 6-6 وهما طريقتان فهي إما اليدوية *Manual* أو الآلية *Automatic* وهذه الآلية يجب أن تشمل أسلوب التخزين أو الاعتماد على الذاكرة *Memory* (وهو الوضع الآلي فور إغلاق الوضع اليدوي) نسبة إلي المشغلات الدقيقة السابق تحديدها عالية وما يتطلبه ذلك من ضرورة توافر لوحة المفاتيح Key Board معها (تسرع من عملية نقل الاختيار فورا إلي الذاكرة).



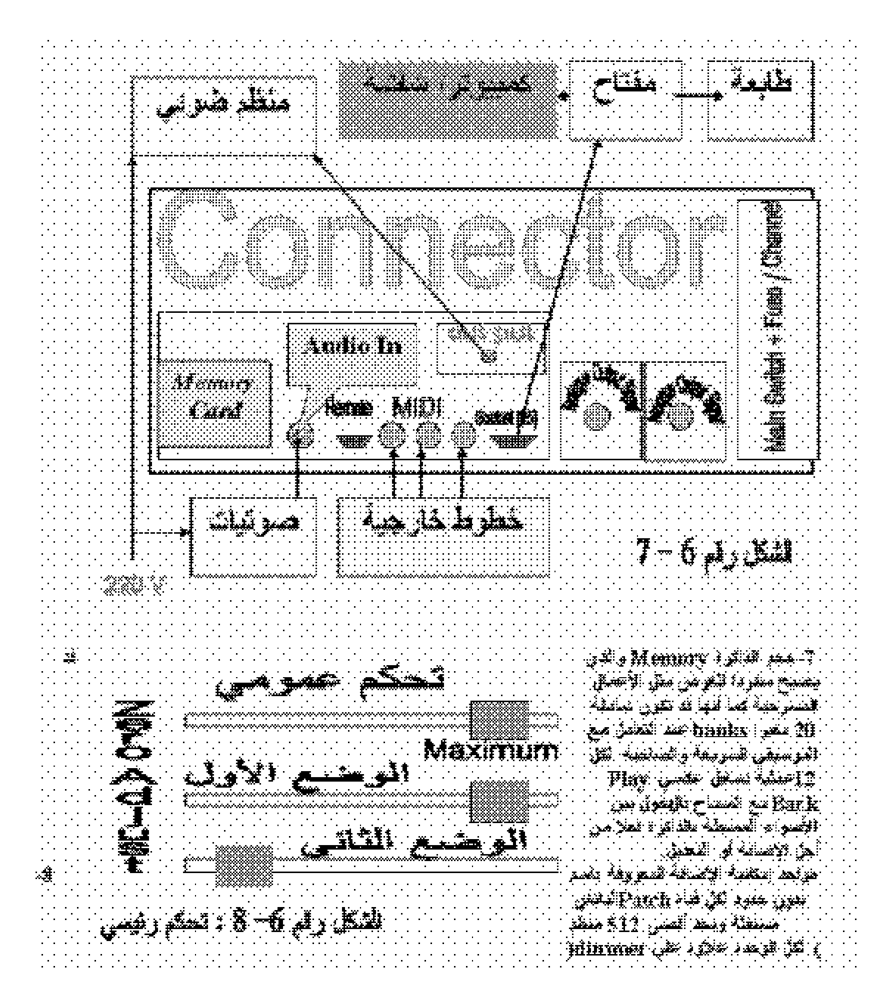
الشكل رقم 6 – 5 : أسلوب التحكم بالمشغلات الخلفية

كذلك أنها يجب أن تعمل على الجهد المعتاد وهو 220 ف وذلك بأن مقنن التشغيل لها هو 220 – 240 ف مع الذبذبة 50 هيرتز واستهلاك لمقنن التيار بقدر 3.4 أ. هذه الوحدة تنقسم إلى عدد من القنوات بتدرج بصفة رياضية مثل 24 قناة مزدوجة الوضع أو 48 مفردة الوضع أو 96، ويضاف إلى هذا كله إمكانية إعادة التشغيل للتأثيرات المختلفة المتواجدة في الذاكرة من خلال 12 وضع، وتتميز الوحدة بإتاحة تسجيل كل الخطوات كعم ليه واحدة علاوة على إمكانية التعديل الصوتي بجانب الضوئي.

تتمتع هذه الوحدة بعدد من الخواص الفنية مثل:



1- إتاحة الفرصة للعمل على 3 أوضاع متباينة مثل (Cut, Fade-in / Fade-out, Saw Teeth)
2- إمكانية الحركة في ثلاث أشكال من خلال لوحة المفاتيح لتحميل القنوات منفردة أو مجتمعة سويا وهذه الأشكال هي (أمام Forward – خلف backward – وضع الاتزان Balance)
3- التعامل مع نظامي القطبية (موجب أو عادي Normal – سالب أي عكسي Inverse)
4- التحكم الصوتي مع منظم السرعة
5- سهولة خلط الألوان
6- خطوط خارجية مبرمجة



الشكل رقم 6 – 7

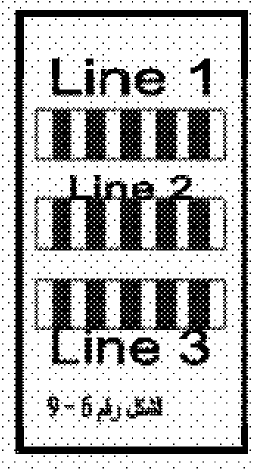
الشكل رقم 6– 8 : تحكم رقمي

12 خط فرعي قابل للبرمجة انفراديا ويبرز الشكل رقم 6- 7 الشرح التخطيطي للدائرة الأم تمثل هذه الوحدة مبدئيا عليها أجزائها.

9- تعدد مخارج الشاشة حيث تخصيص 48 نهاية حمراء لمخارج LED المعتم لتحديد القنوات العاملة على خشبة المسرح ومثلها أطراف خضراء للتشغيل في المجال المعتم Blind Mode وتوافر وحدتين LCD لبيان تفاصيل القنوات ومستويات أدائها سواء في مجموعات أو انفراديا وذلك بالاستعانة بمساحة 12 قناة وهي في مجملها تصبح: 2 (40) + 2(16 حرف)

10- تواجد كارت التخزين للتعامل معه Recording & Retrieving لتسجيل البرنامج الضوئي كاملا أو جزئيا.

11- اتساع رقعة التشغيل وتنويعه من خلال تغيير النظام mode للتعامل مع الأطراف الخضراء وإصدار الإنذار السمعي عند حدوث خطأ في التوصيل أو الفصل والسماح باختبار البيانات الداخلة وفرصة التعامل مع معاملات الذاكرة الحاسوبية وسهولة برمجة الخطوط الخارجة وفرصة التعامل مع التعديل الضوئي والموسيقي MIDI حيث يمكن إدخال موسيقى خارجية مسجلة أو لا كي يتضمنها التسجيل النهائي بوحدة التحكم.



الشكل رقم 6 – 9

12- صلاحية التعامل مع التليفزيون من خلال 12 قناة فرعية بأسلوب (AND / OR) بالذاكرة مع التحميل جزئيا أو كليا.

13- سهولة إعادة التخزين أو التصحيح المباشر للقنوات الضوئية المسجلة بالذاكرة فورا ودون تعطيل

14- إمكانية تحميل الضوء الحي Rock Lighting مع مدى واسع لاختيارات الصوت الموسيقي المصاحبة للعرض الضوئي وكذلك التذبذب الضوئي Flickering

15- السماح بتسجيل خطوات متتابعة على الفترات وبمستويات متباينة

16- التحكم اليدوي في تأثيرات فورية ومباشرة (12 قناة)

تعمل هذه الوحدة على نظام التحكم والتخصيص طبقا لوضعي التشغيل وكذلك نجد في الشكل رقم 6- 8 مفتاحا تحويليا للتشغيل ويتبعه مفتاحي (مفتاح لكل وضع لكل قناة) للتحكم في شدة الضوء لكل من القنوات وهي ما تسيطر على الكشافات الضوئية العاملة على شبكة المسرح

ثالثا: المنظم الضوئي Dimmer

يقوم منظم الضوء بكل أعمال التحكم بين جميع أنواع الإنارة والإضاءة المسرحية ويتحكم في مستوياتها وأشكالها ومدة عملها وترتيبها ولهذا السبب فهو مناسب للعمل في المسرح والاستوديو بالإضافة إلى الإنارة المعمارية، وهذه المنظمات الضوئية ذات صفات محددة نوجز أهمها:

1- مجهز للعمل الآلي بالحمل المقنن ويمكن التحكم بالأسلوب المحلي

2- اختيارية عالية Selectivity

3- اختبار ذاتي

4- تخزين بالذاكرة مؤجل المحو

5- التخزين لا يتقيد بالزمن ويمكن نقله لدليل الإضاءة أيضا

6- الدوائر الكهربية متكاملة وتركب رأسيا (الوضع الأفضل) أو أفقيا

7- السماح بفصل آلي لنقطة التعادل Neutral

8- القراءات الأساسية فورية لكل الأجهزة العاملة Reporting

9- تتعامل المنسقة مع المفاتيح أنالوج Analogue Control
10- مناسبة للتشغيل المركزي بالنسبة للإضاءة
11- بساطة التركيب وسهولة التشغيل
12- يمكن التعامل مع المصابيح (الفلوريسنت ... الفلوريسنت مخصصة مع محولات جهد منخفض).

يوضح الشكل 6-9 المنظر العام للهيكل هذا المنظم كما أن المواصفات الفنية الأساسية Specifications توضح على النحو في صورة عامة وفكرة للتغير بين هذه الأرقام التالية بالنقص أو الزيادة الطفيفة:

1- القدرة القياسية لمعدات التوزيع بين 24 * 3 ك.و، أو 12 * 5 ك.و، أو 12 * 3 ك.و، + 6 * 5 ك.و، إضافة إلى إمكانية الفقد بينهم.

الشكل رقم 6 - 10

2- 100% رقمية Digital
3- 3 مفاتيح * 12 حرف
4- تصل القدرة الكلية إلى أكثر من 60 ك.و، تشغيل مستمر
5- الفقد لا يزيد عن 2-3 %
6- تتوزع على خانات القدرة (من نوع 12 قد مستمر)
7- يستخدم ترمستور على القدرة (50 أ وأكثر)
8- الوقاية بالتحميل على القدرة لكل وحدة مستقلة على حدة
9- يسمح بالتعامل مع الأحمال الحثية Inductive
10- جهد التغذية 220 / 400 ف، 50، 60 هيرتز على وجه (300) أو ثلاثي
11- تشخيص ذاتي لتحديد العيوب إذا ظهرت
12- قابل للبرمجة عن بعد
13- عالي الدقة High Resolution حيث تصل خطوات التعتيم إلى 4000 أو أكثر في الأنواع الحديثة
14- الترشيح عالي الدرجة (أقل من 200 ميكرو ثانية)

يظهر في الشكل رقم 6-10 أربعة وحدات تحتوي على 24 منظم ضوئي تتعامل مع وسيلة أنالوج للإدخال. أما في الشكل رقم 6-11 نرى وحدة مع إدخال الديجيتال، وفي النوع الموصل مع كابلات ضوئية بقدرة 3 ك.و، لكل منهم، وكذلك يمكن إضافة لوحة تحكم كما هو وارد في الشكل رقم 6-12 ويعطي المنظومة تطويرا آخر عند التعامل مع التحكم في الألوان كما في الشكل 6-13. ومن المهم أن نتبع القواعد الأساسية لضمان الأداء الكامل ولهذا يلزم مراعاة ما يلي:

1- ألا يزيد مجموع أطوال الكابلات الموصلة بين المنظمات الضوئية وأطراف التوصيل عن 300 م، وذلك لتلافي عيوب فقد الجهد عند الأطراف البعيدة مما يسبب ضياع البيانات والمعلومات لضعف الإشارات المرسلة.

2- في حالة ضرورة التوصيل لمسافات طويلة يتم تقطيع المسافات من خلال مكبر Amplifier والذي يسمى في هذه الحالة مقوي البيانات Data Booster وهو ما نراه بوضوح في الشكل رقم 6- 14.

3- إتاحة الفرصة لكل مرسل أن يتعامل مع أكثر من مستقبل والذي قد يصل إلى 32 مستقبل وهو عدد كاف للتعامل مع دوائر الإضاءة في المجمعات الكبرى

4- يجب الالتزام التام بفصل خطوط التغذية للجهد عن تلك الخطوط الخاصة بنقل الإشارات والبيانات والتحكم.

يعمل كل منظم ضوئي تبعا لقانون Dimmer Law يحدده المستخدم وعادة ما يكون خطيا كما يمكننا وضع قانون موحد لكل المنظمات الضوئية بصفة واحدة كأمر رئيسي للعمل بالإضافة إلى الوضع الأول لكل منظم على.

جدة، ويكون الجهد الخطي Linear حتى 120 فولت ويتبع نفس التغير مع المصباح الفلورسنت حتى 5 % قبل مستوى الارتفاع الحراري ويصبح القانون مربع العلاقة Square Law للتليفزيون TV ويخصص معامل تصحيح Multiplication Factor لكل منظم ضوئي، وتجرى عليه الاختبارات التالية:

1- Automatic Chaser at 70 %
2- Presence of Control Signal
3- Single Dimmer Flashing at any Level
4- Lighting Cue without Desk
5- Self Test ويتم هذا الاختبار داخليا به

من الناحية الأخرى يكون معامل التصحيح Multiplication Factor مقترحا للتوصل إلي حدود الإضاءة وهو معطي بالنسبه المئويه كما في الشكل رقم 6- 15 حيث تكون العلاقة الخطيه بين كلا من معامل التقليل Reduction Factor ومعامل التصحيح والذي يعتمد في معدله علي نسبة النقل في المنظم الضوئي والذي دائما يقرب 80 % وبهذا نجد معامل التقليل يساوي 64 % إذا كان معامل التصحيح 80 %. بالنسبة لزمن الإضاءة وضبطه مع المنظم الضوئي كما جاء في الشكل رقم 6- 16 حيث يتم تحميل الإضاءة الأولي بمعدل 1 ثانية من الصفر حتى الحمل الهفنى ويستمر الحمل للمدة المحددة للإضاءة ويتوقف هذا الضوء في زمن إرجاع يبدأ عادة أطول من البدء فيكون 2 – 4ث أو يزيد وبالمثل حتى العودة إلي الإضاءة الطبيعية بدون المنظمات.

كما يجب توضيح أن القوائم التي تعمل بها هذه الوحدات عبارة عن أربعة وهي:

1- قائمة المصنع فقط Factory Menu وهي من النوع الذي يكتب فيه بالمصنع ويصبح بعد ذلك للقراءة فقط ROM ولا يستطيع المستخدم التعامل مع أي تعديل لها بل عليه استخدامها.

2- قائمة لبدء التجهيز والإعداد للتشغيل وهذه تخص القائمين علي التشغيل

3- قائمة التشغيل الآلي وهي أيضا مكملة للسابقة وتخص العاملين ومن الممكن فيهما التسجيل والتغيير والتعديل حسب الحاجة ورغبة المشغل.

جدول رقم 6- 1 : بعض كشافات السيكلوراما

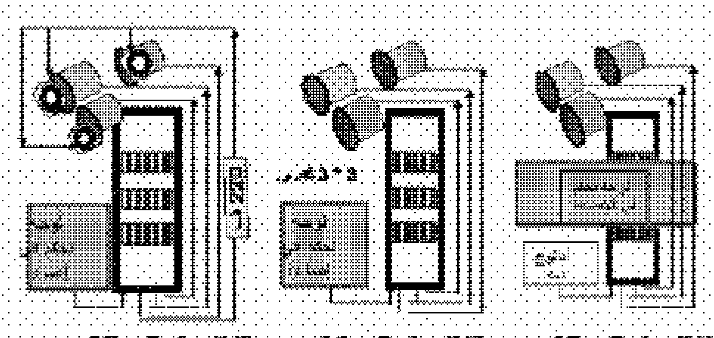
قدرة (ك.و.)	زاوية الإضاءة	شدة الإضاءة (لوكس)
0.25	59	261
0.5	60,5 66	475
1	68,5 84	360
1.25		1350 4550

4- قائمة الصيانة Maintenance Menu وهي تخص المتخصص فقط دون غيره كما أنه لا يجوز فتح هذه الوحدات من غير المختص.

رابعا: السيكلوراما cyclorama light

وهي تتكون من حيث المبدأ من مصباح شديد Flood Light تختص السيكلوراما بإضاءة عامة وشاملة واسعة الزوايا الإضاءة له عاكسين في وضع غير متماثل ولذلك فهو يناسب الضوء اللازم في أستوديو التصوير سواء

العادي أو التلفزيوني أو في الاجتماعات وكذلك يناسب خشبة المسرح للتمثيل أو في الحفلات وهو ينتج على شكل إما وحدات منفردة مستقلة أو زوجية الأزرار أي 2 أو 4 أو 6 وحدات.



الشكل رقم [illegible] الشكل رقم [illegible] الشكل رقم [illegible]

ن هذه الجهة فهذا النوع يصلح للمسارح المدرسية وأندية الشباب الرياضية وكذلك للمعارض ويصدر في وحدات مختلفة من مصابيح تنجستن هالوجين بوحدات قوات اسمية مثل 100، 150، 250، 300، 625، 1000، 1250 وأخيرا بالنسبة للعدسات الأساسية فهي:

جدول رقم 6 - 2 : يعطي كشافات السيكلوراما العلوية على حامل

القدرة (ك.و.)	مدى زاوية الإضاءة	شدة الإضاءة (لوكس)
0,5	41,5 -14	1008
0,65	60	2950
1	50 -12	1825
1,2	59,5 -9	1950
2	56,5 -9,5	1600
2,5	45 -8,5	1900
	49 -9	1900
5	58 -11,5	1915
	55 -14	2000
	56,5 -12,5	1850
	62 -11	2450
10	47 -12,5	1950

جدول رقم 6- 3 : كشافات السيكلوراما تعليق أستوديو

قدرة (ك.و.)	مدي زاوية الإضاءة	شدة الإضاءة (لوكس)
0.072	107÷91	270
0,216	107÷106	750
1,25	95 ÷ 62	1200
2,5	64 ÷ 99	1000
5	105 * 68	892

1- أسلوب تبريد أساسي وعادة يكون الطبيعي لإطالة عمر المصباح حيث درجة الحرارة المعتادة أثناء التشغيل تساوي ما يقرب من 3200 درجة بمقياس كلفن
2- مصابيح شديدة النقاء clear & frosted lamps
3- غطاء من شبكة معدنية واقية يسبقها الجلاتين (المرشح ملون عالي الخواص) أو الزجاج الملون.
4- تغلف الوحدات بغلاف أسود اللون مع زجاج الأمان
5- سهلة الترتيب في مجموعات أو بزوايا مختلفة
6- مزودة بأطراف توصيل متعددة تسهل مهمة تشغيلهم فرادي أو في عدة قنوات أو واحدة منهم فقط
7- يمثل الجدول رقم 6- 1 بعضا منها حيث تكون زاوية الإضاءة ثابتة تناسب الأعمال المسرحية.
يتواجد منها أيضا نوعيات تناسب مواقع الأستوديو للتصوير السينمائي كما جاءت في الجدول رقم 6- 2 والتي يتم تحميلها علي حامل ويكون لها مدي للزوايا مثل الكشافات أيضا.

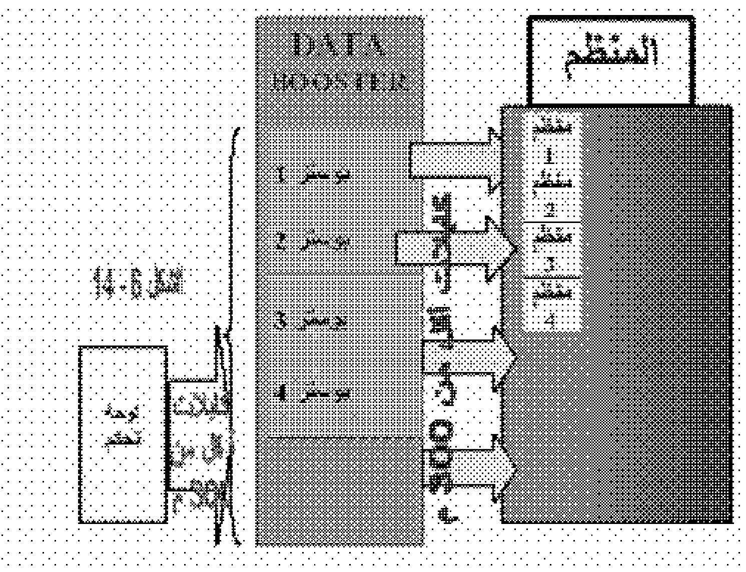
جدول رقم 6- 4 : أحد كشافات السيكلوراما المحمولة

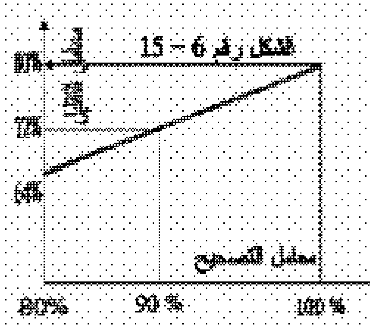
قدرة (ك.و.)	زاوية الإضاءة	شدة الإضاءة (لوكس)
1	98	440

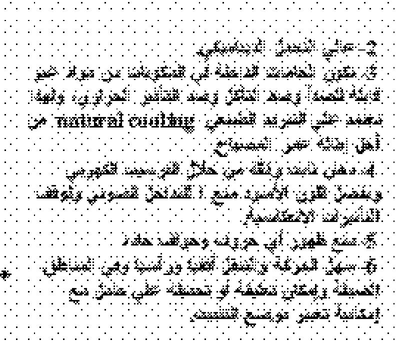
منها أيضا ما يتم تعليقه كما هو وارد في الجدول رقم 6- 3.
يظهر منه النوعيات متنقلة محمولة تلائم التنقل والتصوير الخارجي أو اللقاءات العابرة المرئية ويظهر أحدها في الجدول رقم 6- 4 حيث ينتج منها وحدات قياسية بقدرة 200 ، 300 ، 500، 800 ، 1000 وات.

خامسا: الإضاءة الرقطية Spot Light

نستعين في هذا المجال بالكشافات Projectors شديدة الضوء ولكنها تأخذ الصفات التالية:
1- خفة الوزن ولذلك تصنع عادة من سبائك الألومنيوم أو الصلب الرقيق والمعالج كي يكون قويا لتحمل الاهتزازات Vibrations.







2- عالي التحمل الديناميكي

أ- تكون الخامات الداخلة في المكونات من مواد غير قابلة للصدأ وضد التآكل وضد التأثير الحراري، ولها تعتمد على التبريد الطبيعي natural cooling من أجل إطالة عمر المصباح

ب- دهان ثابت وذلك من خلال الترسيب الكهربي ويفضل اللون الأسود منع التداخل الضوئي وتوقف التأثيرات الانعكاسية

ج- منع ظهور أي حروف وحواف حادة

د- سهل المركبة والتنقل أفقيا ورأسيا وفي المناطق الضيقة وإمكان تكيفه أو تحميله على حامل مع إمكانية تغيير موضع التثبيت.

الجدول رقم 6- 5: بعض الكشافات وشدة إضاءتها بالزوايا المتباينة

قدرة (و)	مدى الزاوية	إضاءة (لوكس)	عدسات
75 - 50	50-39	240	بروفيل
150	47-9,3	1200	محدب
	38-26	1000	
أبيض 300-	53-13	937 -360	مضغوط
500 أسود	55,5 -7,5	1963 -350	
650	40-10	1525	محدب
	55,5 -7,5	1700 أو 800	منشور أو مضغوط
	40-22	1100	زووم
	40-9	1040	محدب
	30-16	1000	زووم
	40-28	542	زووم
1200	17-8	1480	بروفيل مع مكثف
	42-15	1180	
	50,7 -8,7	590	
	52,7 -4,5	490	
	26-11	1230 -1150	
	32-18	1190	
	44-26	770	
2500	26-10	836	مضغوط مع مكثف
	38-15	1049	
	57-7	900	
	58-4	1400	محدب
	16-8	1000	
	32-14	985	زووم
	38-20	1050	
2000	15-9	1445/1890	زووم
1000	15-9	1625	زووم

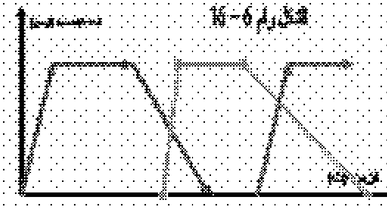
8- تواجد شبكة سلكية واقية علي زجاج الكشاف ويختلفها بعض المزايا لتركيب الغطاء اللوني للضوء المطلوب (الجلاتين) Gel وقد يستغنى عنه بالزجاج النقي الملون.

9- عاكس كروي مصقول وغالبا مصنوع من سبائك الألومنيوم.

10- زر تحكم أو Knob لتسهيل مهمة تغيير وضع تشغيل الكشاف من شعاع مركز Beam / Spot إلي إضاءة واسعة النطاق (Flood).

11- تواجد وسائل ضوئية من العدسات عالية الكفاءة.

12- مصابيح عالية الكفاءة وغالبا شبيه الأنبوب الزجاجي مثل الهالوجين كوارتز.



الشكل رقم 6-16

تعمل هذه الكشافات علي الجهد العادي وتكون لها المقنن 220 – 250 ف بالذبذبة 50 / 60 هيرتز وقد يستخدم المصباح التنجستن هالوجين كما في الجدول رقم 6-5 بعضا من هذه الموديلات لتلك الكشافات التي تعمل مع الجهد 220 فيعتمد التباين علي طريقة الاستخدام [illegible] الإضاءة [illegible] الحركة بينما تتواجد نفس الطريقة للإضاءة المحمولة مثل التصوير الخارجي في التحقيقات والتليفزيون وغيرهما ففي الجدول رقم 6-6 عددا من هذه الكشافات المتنقلة والعاملة علي الجهد 220 ف.

سادسا: مدي الإضاءة zoom profile

تتباين هذه المصابيح والكشافات حسب الصناعة والغرض منها فيحدد في الجدول رقم 6- 7 بعض الطرز من الكشافات مبينا لها الاعتماد علي زاوية الانتشار وتهم هذه الزوايا العاملين في الأوبرا بالذات والأعمال الراقية المشابهة حيث يحتاج إلي الزوايا الصغيرة والتي تصل إلي 4 درجات بينما النوع العادي وهو الأرخص بكثير ففيه الزوايا تبدأ من القيم المتوسطة حول 15 أو ما يزيد عن ذلك.

الجدول رقم 6- 6 : بعض الكشافات المحمولة المنقولة

قدرة (ك. و.)	زاوية (˚)	إضاءة (لوكس)
0,65	70-27,5	4155
1-0,8	87-47	740
2	72-27,5	1310
0.2	55-18	1470
0,1	60-36	720
0.25	52-36	600
0.3	70-22	1140

نستخلص من هذا الجدول مجالين للزوايا فالأول يخص المجال وهو ما يعني أوسع إضاءة متاحة من الكشاف والثاني يغطي حالة التركيز الشعاعي ولهذا نزيد إيضاحا لذلك من خلال الجدول6-8 والذي يعرض نوعيات منها بعض الزوايا عند الحدود القصوى وهي للمجال *Flood* وأيضا الدنيا للشعاع الضوئي*Beam*، كما تتغير درجة حرارة هذه الكشافات بين 3000 و 3200 درجة كلفن. والموضوع لا يتوقف هنا بل يصل بنا إلى بعض الخصائص الفنية الهامة من الناحية الضوئية وإذا بالجدول رقم 6- 8 يجدول لنا عددا من هذه الخصائص لعدد من الكشافات المفتنة في الأسواق نفس المعنى نستقيه من الشكل 6-16 حيث يعرض المنحنيات لنوعين من الكشافات بقدرات مختلفة ويظهر هذا التباين في القيمة المحورية بالكانديلا للضوء كما بالجدول 6- 8.

من الجهة الأخرى من تلك الكشافات ذات الزوايا والمدى الواسع أو الضيق لها تتواجد كشافات من نفس النوعية ولكنها بزاوية ثابتة مثل ما نعرض في الجدول رقم 6- 9 حيث تعمل على الجهد 220 فولت أيضا وعادة تكون من الطراز بروفيل **Profile**.

نتوقف هنا مع هذه البيانات ونضع في الشكل رقم 6- 17 التصرف التلقائي في العلاقة بين كلا من زاوية الإضاءة وشدة الإضاءة بوحدات (1000 كانديلا = ك. ك.) عند النهايات العظمى (أ) والصغرى (ب).

الجدول رقم 6- 7: بعض الطرز من الكشافات قدرة 1 أو 1.2 (ك. و.) وزاوية الانتشار.

زاوية المجال	زاوية الشعاع	طراز
5-65 / 10-65 / 10-16 / 8-38		عدسات محدبة بمكثف
11- 23 / 13-36 / 15-42	9- 20 / 9-18 / 15-31	عدسات محدبة

سابعا: نظم تركيز ضوئي optical concentration system

الجدول رقم 6- 8: كشافات ضوئية بوحدات قدرة (كيلو وات) والزوايا القصوى والدنيا

قدرة (ك. و.)	زاوية مجال	زاوية شعاع	إضاءة (ك لومن)	ضوء مجال (ك ك)		عمر مصباح (س)	عدسات
				محوري	محور للشعاع		
1	61-7	56-4	26	7,6	216	750/200	منشور محدب
1,2	61-7	56-4	30	9,3	266	400/200	منشور محدب
1	59-13	61-12	26	13	136	750/200	محدب
1,2	59-13	52-7,5	30	16	172	400/200	محدب
1	42-15		26	21,6	96	750/200	زووم
1,2	42-15		30	25,3	115	400/200	زووم

نتعامل مع نظم العدسات التي يجب أن تكون بأعلي درجات النقاء وبها نستطيع تحويل الشعاع المركزي من المصباح والذي يقع في بؤرة العدسة الأولي إلي شعاع مركز في شكل حلقي يخرج من الكشاف إلي السطح المراد إضاءته بصفة مركزة خصوصا داخل الظلام الدامس إن صح التعبير.
كما تتوزع هذه الوحدات الضوئية علي الأماكن المختلفة علي النحو التالي:

(ا) الشواية Grill

الشواية تمثل المطبخ الخاص بعملية الطهو في الأعمال الضوئية وتتكون الشواية من عدد من المسارات لكل مجموعة من الكشافات وتعلق عليها وهي تصنع من المعادن الملساء والقوية مثل الصلب أو السبائك المعدنية عالية المقاومة للضغوط الميكانيكية ويضاف إلي هذا أن الشواية قد تأخذ مسارات متعددة وتعرف بعدد هذه المسارات ويسمي فنيا كل مسار باسم سكة وتصبح الشواية 4 سكة أو 5 سكة مثلا ويتم تركيبها فوق خشبة المسرح تماما ويكون إلقاء الضوء من أعلي علي أرضية المسرح.
هذه الشواية تتحرك بشكل هندسي علي الثلاث محاور حيث يعرض الحركة في المستوي الأفقي Horizontal ثم الحركة الرأسية Vertical وذلك للتحكم في شدة الضوء المسلط علي الموقع أو الفرد أو المجسم الهدف المنشود Goal وهذا يؤكد علي بساطة العمل بها سواء كان هذا العمل يدويا أو آليا أ وكليهما منفصلين أو في آن واحد، أما من الناحية الأخرى فتعطي الفرصة للأداء الفني وبالتقنية المتعددة من خلال الأنواع المختلفة مثل:
1- الإضاءة المباشرة Direct وهي ما سبق الحديث عنها وتشمل كل ما يخص المصابيح وطرق التعامل مع العاكس إلي غير ذلك من المعاملات
2- الإضاءة غير المباشرة Indirect وهي تلك الإضاءة التي تأتي من خلال الظل وشبه الظل ونتعامل معها في المسارح وقاعاتها وفي الملاهي الليلية وفي المطاعم الفاخرة

جدول رقم 6- 9: كشافات بزاوية ضوء ثابتة

قدرة (و)	مدى الزاوية	إضاءة (لوكس)	مدي المسافة (م)
650	25	975	6
1000	15	1200	20-15
1000	20	1000	18-14
1000	30	1100	15-12
1000	40	1000	12-10
1000	50	1000	10-8
1000	7	2350	24
500	6.9	3000	15

3- الإضاءة المتقطعة Flickering Light فهي تخص الأعمال الإعلانية والدعاية وفي بعض الأحوال للوضع الخطأ مثل مصابيح الإرشاد الصوتي في غرف التحكم وتستخدم بكثرة مع الاحتفالات والأعياد وكذلك كدليل للطائرات ليلا

4- الإضاءة المتغيرة (غير الثابتة) Varying Light هذه النوعية هي التي تتغير فيها شدة الضوء في المزج الضوئي وتتحرك مع الممثل على المسرح كما يتحرك تماما وله ظله. أشكالا عديدة ويتم هذا التغير ثلاث محاور هي:

المحور الأول: لون الإضاءة Color

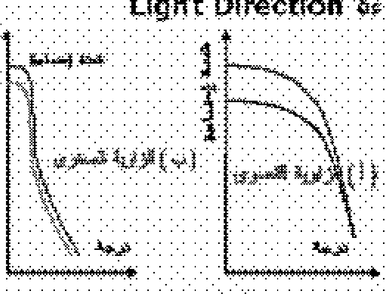
حيث يتعدد اللون تبعا للمعنى المنوط به ويتم ذلك من خلال الجلاتين

المحور الثاني: درجة الإضاءة Luminance

حيث نحتاج إلى ضوء خافت قليلة ثم أعلى ثم أشهر وهكذا.

المحور الثالث: اتجاه الإضاءة Light Direction

حيث يتم التغيير بالتوجيه الديناميكي وبذلك تعرف من الحركة نوعين فهي إما أن تكون دائرية Circular أو مستقيمة Straight على خشبة المسرح. نجد أن الستوقية عبارة عن هيكل جمالوني معدني معلق أعلى خشبة المسرح مكون من أسطح ويمثل تمام الستوقية المصغرة الخاصة بالتحكم الكشاف في الشاشة حيث يتم تركيب محركات كهربائية لكل جزء متحرك بها ويتم وضع جهاز التحكم للكشافات كي تعمل بديلا عن أي الأسلوب الآلي هو التحكم بالرافع عن ارتفاع معين، وهي لا تظهر للمشاهد لأنها تختفي خلف البرقع من أعلى ويقف البتطلون على الجانبين حيث توضيح هذه الكشافات تبعا لزاوية الرؤية من فوق المشاهدين في أول صف بقاعة المسرح ولكنها تكون ظاهرة تماما في المسارح الصيفية والمواقع المفتوحة مثل الحفلات الكبرى والعروض في الملاعب الدولية.



الشكل 8 - 17

(ب) الإضاءة الأمامية Front

من الاستخدامات الأخرى غير المسرحية تلك التي نحتاج إليها في تجميل الآثار والمباني الهامة حيث تعمل أيضا هذه الكشافات على التجميل أو عيوبات المباني والآثار والفنادق السياحية والمتاحف القومية ولذلك نجد بعضا من هذه النوعيات المناسبة في الجدول رقم 10 حيث تعمل كلها بنظام الملف الخانق Ballast وتتميز بالضوء النهاري الساطع Day Light.

يمكن الاستعانة بهذه النوعية لإضاءة المباني من الناحية الجانبية أيضا وتكون بذلك الإضاءة الجانبية Side مثل تلك الأمامية لما قد تضفي على المبنى أو المسرح من جمال أو تضع خلفية ذات معنى متواكب مع المطلوب في المشهد، ويجوز الانتفاع بها أيضا في الإضاءة الأرضية Floor تحت أقدام الممثلين أو حتى في إضاءة الحائط المواجه أمام المشاهدين.

ثامنا: المرشحات اللونية (الجلاتين) color filters

تعتبر المرشحات الضوئية من أولويات العمل المسرحي لأنها تتعلق بالألوان وهي ما تضفي على المسرح رونقه وهكذا تصبح المرشحات الضوئية والمعروفة فنيا باسم الجلاتين هامة وبالرغم من أن التركيز الحراري عليها

حاليا فتسبب انهيارها وبالتالي تحتاج إلي التغيير المستمر وهو ما يلزم التعامل معه علي أنه أمر واقع وما يتبعه من ضرورة تجهيز العدد الوفير منها بالألوان المختلفة ومنها ما يعرض بالأسواق في شكل ألواح قابلة للتقطيع أو في شكل مجهز بالمقاس المقنن والذي يقبل التركيب المباشر لكل كشاف.

الجدول رقم 6- 10 : كشافات إضاءة للمواقع والواجهات

قدرة (و.)	زاوية (°)	إضاءة (لوكس)
1200	21-3	1315
2500	46-3	2125
4000	44-4	2875
2500	60-7	2000
4000	72-9	2000
575	47-8	2000
1200	53-6	2000
2500	62-7	2000
4000	52,5-8,5	2000
6000	48-7,5	2000
575	89 * 52	900
1200	78 * 90	860

3-6: إشارات المرور Traffic Signals

تطويرا لما سبق الحديث عنه نجد أن التحكم الآلي Automatic Control في تشغيل إشارات المرور ما هو إلا صورة متقدمة مما جاء بالنسبة للأضواء المسرحية خصوصا وأننا ننتمه إلي التشغيل الآلي في كل ما نتعامل معه مادام أننا وضحنا كما أنه من الضروري توضيح أن كل تقاطع يجمع بين 6 مصابيح في كل جانب في حالة التقاطع المزدوج فيكون إجمالي عددهم هو (4 أعمدة إشارات × 6 مصابيح بالعامود الواحد أي 24 مصباح). ويصبح (6 أعمدة × 6 مصابيح) للتقاطع الثلاثي علي الأقل لأنه قد يتضاعف هذا العدد إذا ما استخدمت الإشارات المعلقة بجانب تلك الثابتة أو استخدمت الإشارات علي الجانبين بدلا من الجانب الواحد. وبهذا نضع موضوع هذه الإشارات في محورين هما:

أولا: الموقع المفرد Single Crossing

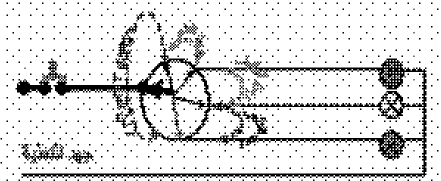
يقصد بالموقع المفرد هو العبور المتعدد في ميدان أو مفارق الطرق ومن ثم يكون فيه التشغيل من نوعان:

النوع الأول: التشغيل اليدوي Manual Operation

هو ما يتم الاعتماد عليه في حالات حرجة وأوقات الطوارئ في أوقات طارئة Emergency Times ويكون بديلا عن النوع الثاني وهو ما يعتمد على الخبرة البشرية Human Experience والحالة العامة لحركة المرور على الطرق المتقاطعة سواء كان أحدهما أو أكثر وتنسيق عندئذ يكون العمل من خلال المنظومة [illegible].

النوع الثاني: المشغل الآلي Automatic Operation

هذا النوع يترجم الخبرة المتنوعة الموضحة وبرنامج زمني Time Schedule يمكن تحديده من خلال ساعة زمنية وهي التي تحقق التشغيل للأضواء في الإشارة بزيادة عن الآخر أو يتساوى معه وهو ما يحقق التعامل مع هذه الإشارات تماما بأي من النوعين المستخدمين وقد يأخذ هذا التعامل من خلال نظام مبسط بتوصيل التوقيت في دوائر كهربية لتشغيل الضوء المطلوب تبعا للدورة في الإشارة وهو ما يتيح عمل الساعة الزمنية المتحكمة بالدائرة على التوالي مع مصباح الإشارة ويكون ذلك مبينا في الشكل رقم (6-18).



شكل (6-18): تشغيل الساعة الآلية لإشارة المرور في المدن

من الشكل يظهر أن التوقيت الزمني متحقق بعمل مفاتيح على زمن الدوران الكلي للساعة التوقيتية فمثلا يكون الدوران الكلي عبارة عن 5 دقائق أي أن الدورة الزمنية هي 5 ق بينما تنقسم هذه الدقائق إلى 3 دقائق مرور أخضر ودقيقة ونصف الدقيقة وقوف ويتبقى نصف الدقيقة تنقسم إلى فترتين اللون الأصفر ويعطي فترتي التأهب بزمن ربع دقيقة لكل منهما

ويتوقف التعارض على هذا النحو أما بالنسبة للدائرة الكهربية فيكون المنبع عبارة عن نوع مستمر ويتحقق القفل ويكون المفتاح لتشغيل الدائرة الآلية أو فصلها عند العطل الفني وهذا المفتاح يوصل الجهد الموجب إلى مؤشر الساعة الزمنية المتحركة بينما هناك عددا من المؤشرات الثابتة عليها قد يكون ثلاث أو أكثر وكل منهم يضبط على التوقيت المطلوب داخل الدورة الزمنية كما هو مبين على الشكل ومن ثم يصل المؤشر المتحرك وعليه الجهد ويتصل بالمؤشر الثابت عبر التلامس معه عند الوصول الزمني المحدد من ثم ينتقل الجهد إلى المؤشر الثابت وهو متصل بالمصباح ذو اللون المحدد وهذه المصابيح جميعا متصلة بالطرف الثاني من المنبع لتقفل الدائرة الكهربية ويضيء هذا المصباح كما تم وضعه في هذا الإطار من الشرح لتوضيح أسس العمل مع تطور الحديث متقدمة التقنية مثل تلك التي تخص الإضاءة المسرحية، من هذا الشكل نستطيع وضع الدورة الزمنية لتكون على النحو التالي: (5 ق = 3 ق أخضر + 0.25 ق أصفر + 1.5 ق أحمر + 0.25 أصفر) ويمكن الاعتماد على منظومة الحاكمات المنطقية المبرمجة في التعامل مع كل هذه الصفات.

لا تتوقف أهمية أعمال الإضاءة عند حد كلا من دور المسرح والسينما والأوبرا ومثيلها بجانب تلك الحالات المرورية التي تعمل آليا وتعرف باسم الطريق الأخضر خصوصا مع الإزدحام المتزايد داخل المدن. بل يمتد إلى إضاءة الأماكن المختلفة مثل إنارة المدينة ككل أو إنارة الشوارع والطرق أو إضاءة الأماكن الهامة مثل الإستاد الرياضي أو المستشفيات والمدارس والشواطئ الساحلية وكلها وغيرها تمثل من الأهمية البالغة كي تدخل في الاعتبار عند التخطيط لكهربة المدن وبهذه المناسبة ومع التركيز على المواصفات القياسية لمواكبة الزلازل وظهور كود الزلازل وعلى نفس القياس تحتاج كهربة المدن إلى كود واضح وملزم للتصميمات بما تشمله من ضرورة وضع أحمال للطوارىء لكل مدينة وتوفير وحدات التوليد للطوارىء مثل وحدات ماكينات الديزل لتجابه الظروف الطارئة كما يحتاج التصميم للشبكات في المدن بتخصيص قدرات كهربية إضافية في كل منطقة من تقسيم المدينة لتغطية أعمال مكافحة الحريق بجانب الوحدات البشرية المختصة بمعداتها.

الفصل السابع

أسعار الطاقة الكهربية

PRICES OF ELECTRIC ENERGY

تقابل التعريفة الكهربية سعر الفائدة بالنسبة للودائع في البنوك فهذه التعريفة هي التي تشجع المستهلك على التعامل قدما والتزايد في الاستهلاك الكهربي أو قد تجعله يمتنع عن التوسع في استخدامها ومن ثم يكون مهما أن نتعرض لموضوع التعريفة الكهربية والتي عادة ما توضع تبعا للقواعد والأسس الهندسية والاقتصادية وهو ما نختص بعرضه في الفصل الحالي.

7-1: أسس التسعير Pricing Basics

التطور الإستهلاكي للطاقة الكهربية يعد مؤشرا حضريا لتقدم الأمم ولذلك تقارن الدول المتقدمة بغيرها مثل النامية أو المتنامية بمدى الاستهلاك الكهربي بها وحتى نتمكن من الموازنة بين الدول المتشابهة في مستوى التقدم فقد كنا في حاجة إلى معيارا محددا لا يعتمد على مساحة الدولة أرضيا أو بعدد السكان فيها ومن ثم كان متوسط إستهلاك الفرد في المجتمع الواحد مقياسا جيدا للإشارة إلى مستوى التقدم، ويظهر الجدول رقم 7-1 تطور متوسط نصيب الفرد من الطاقة الكهربائية المستهلكة في قارات العالم في فترة زمنية واحدة وهي الممتدة دوليا من عام 1984 إلى 1988، ومنه نرى أن المتوسط العالمي للطاقة الكهربية في تزايد مستمر بوجه عام وهو ما يعني تزايد الإقبال على الإستخدام الكهربي على مستوى العالم ككل أي في كلا من الدول المتقدمة وغيرها ولكننا نجد أن قارة أمريكا الشمالية تفوق جميع القارات في متوسط إستهلاكها إلا أن أستراليا تقترب بل وبدأت تتفوق في هذه النقطة (عام 1988).

جدول رقم 7-1 : متوسط نصيب الفرد من الطاقة الكهربائية في قارات العالم

القارة	1984	1985	1986	1987	1988
أوربا	4897	5066	5166	5420	5538
أمريكا الشمالية	7732	7913	7923	8205	8474
أمريكا الجنوبية	1279	1340	1417	1456	1504
أفريقيا	417	439	475	475	480
استراليا	7283	7676	7906	8157	8518
آسيا	603	632	656	697	730
متوسط عالمي	1956	2006	2038	2110	2158

جدير بالذكر أن الإحصائيات الواردة بهذا الكتاب ليست للغرض الإحصائي ولكنها جاءت لتظهر وتوضح الفروق النسبية في إستهلاك الطاقة بين مختلف الدول ومن ثم جاءت هذه الأرقام بغرض التوضيح من أجل بيان مدى إستهلاك الفرد من الطاقة وتطوره مع الدول.

المتقدمة حتى تتمكن من التوصل إلى الأسلوب العلمي لكيفية الوصول بمواطنيها إلى هذا المستوى الرفيع من نصيب الفرد كهدف أو ما يمكننا وصفه بنصيب الفرد السنوي وإنتاجها بالكمية.

إن إقامة البنيان التعريفي يعتمد على الأسس التالية:

أولا: الأساس التخطيطي Planning Base

يحتاج هنا إلى دراسة جيدة للسياسة الاستثمارية للبرامج الخمسية بالاستثمارات وبتقدير العائدات اللازمة للقطاعات في الأمد الطويل على أن يؤخذ في الاعتبار النقاط المحورية الآتية:

1- المعدات العاملة في قطاع الكهرباء واحتمالات تجديدها أو استبدالها مستقبلا تبعا للتطور التقني الحادث والمتوقع.

2- التطورات المنتظرة لاستهلاك مختلف فئات مستخدمي الكهرباء في الفترة المستقبلية التي تقع عليها الدراسة مع التركيز على منحنيات الحمل لكل فئة منها سواء من حيث الفترة المطلوبة وحجم الطاقة المنتظر استهلاكها أو وقت الاستهلاك ومكانه.

3- دراسة مالية والتي بتحديد بموجبها سعر الفائدة على رأس المال المستثمر وطريقة التمويل وقواعد الإهلاك على أن يكون من بين أهداف التوازن المالي للقطاع تحقيق نسبة التمويل الذاتي.

4- المتطلبات المختلفة من أجل تشغيل الشبكة ككل ولذلك نحتاج هنا إلى دراسة فنية اقتصادية لسياسة الاستغلال الخاصة بمعدات الإنتاج والنقل والتوزيع الموجودة بالفعل المستقبلة مع بيان الأعباء الثابتة والمتغيرة لكل مرحلة من مراحل التشغيل على امتداد الفترة التي تقع تحتها الدراسة. كما يدخل في الاعتبار العمالة الفنية والإدارية الماهرة والتي نعتمد عليها في التشغيل الأمثل للشبكة الكهربية.

ثانيا: المناخ السياسي Political

من الهام التعرف على الضغوط "الخارجية" وهي ضغوط ذات طابع مالي واقتصادي واجتماعي، وهي تكون أساسا نتيجة لتوجيهات السلطة العامة في الدولة. إقامة البنيان التعريفي يتحدد في شكله النهائي تبعا للسياسة التي تحدد معالمها الدولة، عندما تقرر معاملة تفضيلية لبعض فئات مستخدمي الطاقة بهدف تشجيع تطورها الاقتصادي وتحسين مستوى معيشتها.

جدول رقم 7-2 : تطور متوسط نصيب الفرد من الطاقة الكهربائية المستهلكة في بعض دول قارتي أمريكا

الدولة	1984	1985	1986	1987	1988
كـــــــندا	15855	16498	16955	17468	18263
الولايات المتحدة	10674	10904	10916	11358	11769
المكسيك	1128	1176	1179	1239	1285

تحديد هذه الأهداف بالنسبة للبنيان التعريفي أمر على جانب كبير من الأهمية للصلة الوثيقة مع التوازن المالي لقطاع الكهرباء على الأمد الطويل. الدول المتقدمة لا تقع في هذه البقعة لأنها قادرة على توجيه سياستها بعيدا عن

الحاجة إلي إستيراد قطع الغيار والخبرة الفنية الأجنبية المتخصصة وكذلك التمويل المالي، فنري في الجدول رقم 7-2 تطور متوسط إستهلاك الفرد للطاقة الكهربية في عددا من الدول المتقدمة في كلا من قارتي أمريكا الشمالية والجنوبية. من الجدول 7-2 نري أن متوسط الاستهلاك في كندا أعلي بكثير من الولايات المتحدة الأمريكية وذلك بسبب البرودة القارصة في كندا لأنها أقرب ما يمكن من الأطراف الشمالية شديدة البرودة علي مدار فترات طويلة من العام فيكون العمل بالأحمال القياسية للتدفئة سببا قويا في هذا الإستهلاك.

جدول رقم 7-3 : تطور متوسط نصيب الفرد من الطاقة الكهربائية المستهلكة في بعض دول أوروبا

الدولة	1984	1985	1986	1987	1988
النرويج	23662	24599	24667	24764	24747
ألمانيا الغربية	6488	6706	6755	6909	7070
الاتحاد السوفيتي	5340	5472	5624	5792	5851
فرنسا	5137	5478	5732	6272	6364
اليونان	2767	2867	2962	3072	3343

كما نضيف بأن الشكل الإجتماعي للدولة يحدد الكثير من المتغيرالمتغيرات الأخرى مثل المياه والكهرباء ورغيف الخبز في مصر عموما وهي من المواد الأساسية التي يجب أن تراعيها الدولة سواء من خلال الجهاز الإداري للدولة أو عن طريق القطاع العام والذي يتحول إلي قطاع الأعمال بشكل نهائي وبسرعة ثابتة إضافة إلي القطاع الخاص، ولما كانت الدولة تتجه حاليا نحو التخصيص بالنسبة لقطاع الكهرباء وقد تم بالفعل عبور الجسور الطويلة في هذا الصدد نجد أن الدعم المالي من الدولة جوهريا للمستهلك من محدودي الدخل فنجد أنه علي الدولة حماية المستهلك للطاقة الكهربية من خلال أسلوب وشروط التخصيص حتى لا تتحول الطاقة الكهربية إلي سلعة تجارية بحتة لا تراعي القواعد والأسس الإجتماعية للدولة، ومن ثم يعتبر العنصر السياسي سواء داخليا أو خارجيا أي إجتماعيا أو علاقات دولية من العناصر المؤثرة بفعالية في القيمة الإقتصادية.

يسبق دائما إقامة البنيان التعريفي، في جميع الحالات بما في ذلك الخصائص الإجتماعية للدولة، ضرورة تحديد التكاليف المنتظرة لإنتاج ونقل وتوزيع الطاقة الكهربائية. وهذه تنقسم الي قسمين:

القسم الأول: الأعباء الثابتة Fixed Cost

هي تلك الأعباء التي تتوقف علي الاستثمارات الرأسمالية من محطات توليد وشبكات نقل وتوزيع الطاقة بجانب معدات أخرى اللازمة للتشغيل، وهذه الأعباء لا تتوقف علي كمية الطاقة الكهربائية المنتجة فعلا بل تقوم أساسا علي القدرات المركبة في محطات التوليد وعلي شبكات النقل والتوزيع وتتكون هذه الأعباء من العناصر المختلفة والجوهرية كما يلي:

1- أقساط الاهلاك للمعدات والأدوات والأجهزة العاملة داخل الإطار العام.

2- الفائدة علي رأس المال المستثمر تشجيعا أو تنفورا حسب المناخ الإستثماري بالدولة وحسب التوقعات المستقبلية، فإن تحديد معدل هذه الفائدةفي الحسابات الإقتصادية يأخذ في الإعتبار الأعباء الفعلية التي يتحملها القطاع المسئول للحصول علي الأموال اللازمة لتمويل استثماراته في السوق العالمي للنقد، والملاحظ علي ذلك أن السعر 4% أو 5% كان يعتبر سعر فائدة مناسبا قبل الحرب العالمية الثانية، أما الآن فإن ذلك السعر قد ارتفع

ارتفاعا كبيرا (وصل إلى 10 – 11% مؤخرا) نتيجة للزيادة الكبيرة في الطلب على الأموال اللازمة لمواجهة الاستثمارات المتزايدة ولا يقابلها تدفق مماثل في الادخار، بينما نجد أن أوروبا لا تعبأ بهذا الإرتفاع ونجدها متقدمة في متوسط إستهلاك الفرد للطاقة الكهربية لذات الفترة الزمنية المحددة في الجدولين السابقين كما ورد في الجدول رقم 7-3 حيث تم إختيار عددا من الدول المتباينة في أوروبا، ومن هذا الجدول نرى أن النرويج تسبق كلا من ألمانيا وفرنسا والإتحاد السوفيتي.

3 - مصاريف التشغيل والصيانة الثابتة والتي تشمل مرتبات وحوافز ومكافآت العاملين في مجالي التشغيل والصيانة، والمصاريف العمومية الإدارية، والضرائب ... الخ) ويتم تحميل كل مرحلة من مراحل الإنتاج والنقل والتوزيع بنصيبها من جملة الأعباء الإدارية ويضاف هنا أيضا المكافآت الموسمية سنويا لما تحتاجه المواقع تبعا لظروف العمل لمواجهة العمالة الموسمية في هذا الصدد.

من الضروري تحديد أقساط الإهلاك على أساس الأعمار الإنتاجية الافتراضية وهي تستند أساسا إلى معدلات تم حسابها على أسس فنية وهي معدلات تكاد تكون واحدة في كل الدول. نجد أيضا أن أجور وتشغيل وصيانة الشبكة تتوقف على ظروف التشغيل ومستويات الأداء وهي تختلف من بلد الى آخر بل وتتباين على نطاق واسع، ويقدم من الجهة الأخرى الجدول رقم 7-4 متوسط استهلاك الفرد في بعض الدول المتقدمة والنامية والمتنامية. نرى من الجدول أن اليابان أكثر إستهلاكا عن بقية الدول وهي دولة متقدمة بالفعل بينما يليها إسرائيل ثم جنوب أفريقيا فالمملكة العربية السعودية بينما مصر تقبع بعيدا مع الجزائر وهو ما يحتاج منا إلى النظرة الإقتصادية المستقبلية لزيادة معدل النمو الإقتصادي الذي سيساعد بدرجة كبيرة على زيادة متوسط استهلاك الفرد للطاقة الكهربية. هذه الأجور عموما تزيد في البلاد النامية عنها في البلاد المتقدمة حيث الحاجة الماسة لقطع الغيار المستوردة وإلى قلة الخبرة الفنية المحلية مما يساعد على فهم أهمية التدريب الفني للعاملين في القطاعات الفنية ليس فقط في قطاع الكهرباء بل أيضا في جميع القطاعات الفنية والهندسية بالدولة ككل سواء بالجهاز الحكومي أو القطاع الخاص.

4- منظومة التعاقد مع جهات التنفيذ مثل أسلوب (BOT) حيث حسابات التكلفة قد تختلف نوعا ما عن التنفيذ الذاتي.

القسم الثاني: الأعباء المتغيرة Running Cost

تتوقف الأعباء المتغيرة بصفة خاصة على الطاقة المنتجة كما يتحدد دائما من منحنيات الأحمال القياسية وبالتالي الفعلية حيث أنها تتغير تبعا لطبيعة الاستهلاك القياسي والتي تتميز في كل لحظة بالقدرة المطلوبة وموقعها وحجم الطاقة المستهلكة وأيضا تبعا لوسائل الإنتاج والنقل والتوزيع المعدة لتلبية الطلب، وهي تتكون بنظرة عامة من:

1- مصاريف الوقود ويعتبر العنصر الأساسي في الأعباء المتغيرة ويتم حسابه بالدراسة لمدة سنوات تبعا لمحطات التوليد ونوع الوقود وسياسة التشغيل وظروفه وذلك العنصر يختلف من بلد الى آخر تبعا لظروف كل منها.

2- الفاقد من الطاقة

يتنوع هذا الفاقد على محورين هما:

أ) الفاقد الفني ويشمل الفاقد الفعلي في الشبكة من مراحل إنتاجها ونقلها وتوزيعها للطاقة، وهذا الفاقد يمثل الفرق بين الطاقة المولدة وجملة الطاقات الموزعة على مختلف فئات المشتركين، على أن تتحمل كل مرحلة من مراحل الإنتاج والنقل والتوزيع بنسبة الفاقد فيها عند المحاسبة المالية بين هذه المراحل إن كانت منفصلة وهو ما سوف يتم في مصر في المرحلة القادمة من التخصيص.

ب) الفاقد الإجتماعي ويشمل الفاقد غير الفني أي غير المحسوب هندسيا بل هو ما يستهلكه المستهلك بشكل غير مقنن ويضيع بذلك قيمتها المالية على الشركات التي تبيع الكهرباء ويأتي هذا الفاقد نتيجة للفقر أحيانا داخل بعض فئات المجتمع وقد يظهر أحيانا نتيجة السلوكيات المجتمعية غير السوية مما يقلل من الفائض للشركة وبالتالي يقلل

من الضرائب المستحقة للدولة ومن ثم يقلل من معدلات النمو الإقتصادي سواء كانت قيمتها مهملة نسبيا أم لا. من جهة أخرى قد يظهر الفاقد الإجتماعي نتيجة الأسلوب الإداري للشركة في التعامل مع الجمهور فمثلا إذا إحتاج فردا من الدولة طاقة كهربية في موقع ما بصفة مؤقتة ولفترة زمنية محددة على وجه التقريب لا بد وأن تلبي الشركة له الطلب فورا وأن يكون بالشركة كل الإمكانات الفنية والإدارية المسهلة وليست المعطلة حتى لا تجعله مضطرا لمجابهة الحالة الطارئة وتغطية الطاقة اللازمة له بشكل آخر.

جدول رقم 7-4 : تطور متوسط نصيب الفرد من الطاقة الكهربائية المستهلكة في قارتي آسيا وأفريقيا

الدولة	1984	1985	1986	1987	1988
جنوب أفريقيا	3384	3351	3859	2897	3980
ليبيا	2091	3128	3374	3820	3780
الجزائر	535	564	579	549	584
مصر	571	609	645	673	688
اليابان	5404	5565	5573	5898	6157
اسرائيل	3507	3653	3698	3918	4318
المملكة العربية السعودية	2797	2898	3071	3232	3229
العراق	1206	1320	1354	1340	1328
سوريا	668	683	727	710	695
الصين	366	396	427	466	497
الهند	227	238	257	272	291

3- مصاريف الاستغلال (صيانة ، إدارة ، ... الخ) النسبية مع الطاقة المنتجة والموزعة.

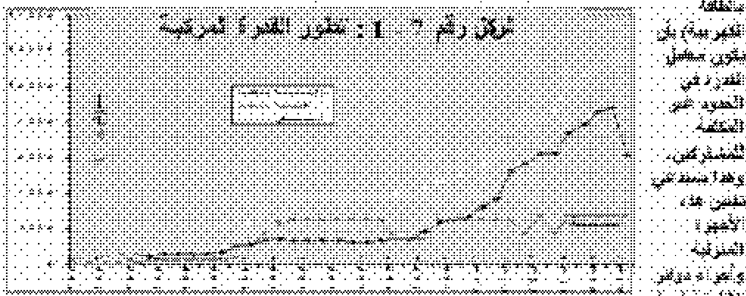
4- التكلفة على جهود التغذية المختلفة

تغذية مختلف فئات مستخدمي الطاقة الكهربائية تتم على جهد متباين بدءا من الجهد العالي حتى المنخفض حيث تزيد تكلفة التغذية كلما انخفض جهد التغذية فللإنارة المنزلية والاستخدامات المنزلية المختلفة كما يتم تغذية الإنارة العامة وإشارات المرور على الجهد المنخفض (380 / 220 ف) بينما تتم تغذية المرافق العامة والصناعات الصغيرة والمتوسطة على الجهد المتوسط (عادة 11 ك. ف) ، أما الصناعات الثقيلة حيث تستخدم الطاقة الكهربائية كمادة أولية فتتم تغذيتها على الجهود العالية من هنا يأتي التباين في أسعار تكلفة الطاقة تبعا لجهد التغذية ونوع الاستخدام ، مما دفع بعض الاقتصاديين الى تشبيه توزيع الطاقة الكهربائية بالبيع بالجملة في حالة التوزيع على الجهود العالية والفائقة ، وبالبيع بالقطاعي في حالة التوزيع على الجهد المتوسط ، وبالبيع بالتوصيل الى المنازل أو المكاتب أو المتاجر في حالة التوزيع على الجهد المنخفض.

ينتج هذا التشبيه عن الفرق بين تكلفة توزيع الطاقة الكهربائية على الجهود الفائقة وبين تكلفة توزيع الطاقة على الجهد المنخفض، ويقدر ذلك الفرق بواحد الى ثلاثة تقريبا ويرجع ذلك الفرق أساسا الى أطوال الخطوط والمغذيات في شبكات الجهد المنخفض إذا ما قورنت بالأطوال الكلية للشبكات الموحدة، إضافة إلى كثرة عدد مستهلكي الطاقة الكهربائية على الجهد المنخفض وتشتتهم على مساحات واسعة في حين أن التوزيع على الجهود العالية يتم بالنسبة لعدد محدود من مستخدمي الطاقة وبأحجام ضخمة من الطاقة ومركزة في موقع معين.

القاعدة العامة أن يكون كل مستخدم للطاقة مسئولا تبعا لوضعه من الشبكة وطبقا للخصائص الفنية لمعداته المستخدمة للطاقة وللقدرة القصوى المطلوبة وكذلك تبعا لتوزيع استهلاكه في الزمن عن جزء من الأعباء الثابتة والمتغيرة في كل مرحلة من مراحل الإنتاج والنقل والتوزيع، وبناء على ذلك فان التعريفة الكاملة هي تلك التي تتلخص في ضرورة إلزام تحمل مستخدم الكهرباء بقدر الإمكان ذلك الجزء من الأعباء التي يتسبب فيها.

غير أن هذا التصوير النظري إن أمكن تطبيقه تجاوزا على مستهلك كبير منعزل ومغذى مباشرة على الجهد العالي إلا أنه لا يجوز بالنسبة لمستخدمي الطاقة على الجهد المنخفض نظرا لعددهم الهائل وتباينهم، وتشتت استهلاكاتهم طبقا لمنحنيات الأحمال، والتعقيد الذي يلحق نتيجة لذلك بالشبكة التي تخدمهم مما يجعل من المستحيل تحديد ذلك الجزء من الأعباء الذي يخص كل شخص منهم على حدة. من ثم فإن المتبع في تحديد الأعباء التي يتحملها مستخدم الطاقة على الجهد المنخفض أن يكون تقديرها بسعر متوسط يساهم في تغطية أعباء إنتاج ونقل وتوزيع الطاقة له مشتملا على عنصري التكلفة الثابت منها والمتغير. من الجهة الأخرى نجد أنه من الممكن تغطية هذا الوضع من ناحية الطاقة والناتجة عن انخفاض معامل القدرة لمستهلكي المنازل على وجه الخصوص وذلك من خلال المكثفات المناسبة التي تباع في الأسواق المحلية وهو ما يجب أن يقوم بائع المنتجة الكهربية (أي التي تعمل بالطاقة الكهربية) بأن يكون معامل القدرة في الجهود غير المكلفة للمشتركين، وهذا يستدعي تحسين هذه الأجهزة المنزلية وتعزيزه دون [illegible] الإدارة نفسها



من ناحية الإنتاج الصناعي أي تتحول المشكلة إلى معايير هندسية بحتة يمكن تطبيقها وهذا لا يحتاج من المصانع أو البائع لأن الجزء المضاف على الجهاز الكهربي سوف يتكلف جزءا من المال وعادة صغير بالنسبة لثمن الجهاز وبالتالي إضافة ثمنه إلى السعر الكلي لن يحدث تغير التضخم. هذا الأسلوب قد يتحول تدريجيا بالأجهزة الموجودة بالسوق عند دخولها إلى الخدمة الكهربية لدى المستهلك بعد شرائها وهذا الوضع لن يحل القائم من الأجهزة إن المستغلين منها. ويعتمد هذا على مبادرة شركات الكهرباء للعمل على مراجعة الأجهزة المنزلية والمعدات لدى المشتركين بمواقعهم من أجل الدراسة والتطوير وتحسين معاملات الأداء وذلك تحت الإشراف الفني للمتخصصين بهذه الشركات.

7-2: توصيف التعريفة Characteristics

أن المبادئ التي تم عرضها في البند السابق بالفكرة الخاصة بإستغلال قطاع الكهرباء بأقل تكلفة كلية محسوبة على فترة طويلة من التطور وثمة إعتبارات أخري يمكن أن تؤثر على البنيان التعريفي و تؤدي إلى وجود فروق بين أسعار تكلفة الوحدة من الطاقة و بين السعر الذي يحاسب به مستخدموها ولذلك نجد أن السياسة العامة لتحديد البنيان التعريفي تعتمد على بعض المتغيرات الهامة نضعها في ما يلي.

1- ترشيد الإستهلاك الكهربي rationalization

الترشيد هنا يمثل ضرورة الحد من الإستهلاك أو تغيير وضع المستهلكين من حيث زمن إستخدامهم للطاقة بهدف تحسين منحني الحمل وذلك بعدم تركيز الطلب كله في ساعات الذروة مما يسمح بإستخدام أفضل للقدرات المركبة على إمتداد ساعات النهار والليل مما يؤدي إلى تخفيض متوسط التكلفة وذلك بتوزيع الأعباء الثابتة على عدد أكبر من الكيلووات ساعة بحيث تزيد الطاقة المنتجة بدون زيادة في الإستثمارات بنفس النسبة.

جدير بالذكر أن التزايد الهائل في الطاقات المستهلكة في مصر خلال الفترة (1955-92/ 1993) كمثال قد سجلت في الشكل رقم 7-1 حيث تظهر القدرة المركبة والطاقة المولدة في هذه الفترة الزمنية الطويلة مع بيان التفاصيل في نوعية المحطات مائية أو حرارية حيث يبين التصاعد الهائل مؤخرا في الحاجة إلي توليد الطاقة الكهربائية وهي التي تستهلك غالبا في المدن سواء الصناعية أو الزراعية أو غيرها كما يؤكد ذلك الشكل رقم 7-2 والذي يوضح الطاقة المستهلكة الفعلية سنويا على مدار الفترة الزمنية والتي تعطي إنطباعا بضرورة التعامل مع أسلوب ترشيد الطاقة و استخداماتها بشكل فعال خصوصا وأن الطاقة المستهلكة ضخمة [illegible] من الدول المتقدمة كما سبق الذكر عاليه.

إلي جانب ذلك نجد الشكل رقم 7-3 قد قدم تطور الحمل الأقصى لكل عام عن هذه الفترة وهو ما يزيد من التأكيد على ما ذكرناه الآن مما يجعل موضوع ترشيد الطاقة والتعامل معها يحتاج إلي دراسات علمية مستفيضة متتالية.

2- أسلوب الأسعار التفضيلية *Differential Pricing*

يتم هذا الأسلوب عن طريق تمييز بعض فئات مستخدمي الطاقة الكهربائية من خلال الأسعار التفضيلية بهدف تحقيق أهداف إقتصادية أو إجتماعية مثل الأسعار التفضيلية التي تمنح لبعض الصناعات الثقيلة حيث تمثل الطاقة نسبة كبيرة في أعباء تكلفة هذه الصناعة التي يراد لها أن تنمو و تتطور قوميا لزيادة قدرتها على المنافسة أو تلك الأسعار التفضيلية التي قد تقررها الدولة لاستخدامات الطاقة في الريف حيث تكون الشبكة الكهربائية بها مرتفعة التكاليف وفي مقابلها كثافة استهلاكية ضعيفة ومقدرة مالية محدودة وهذه الإجراءات قد تتحقق بالبنيان التعريفي.

كما أنها تتضمن انفصالا وتدفقا بمسألة التوازن المالي لقطاع الكهرباء ذلك أن أية تعريفة تفضيلية مؤداها المحاسبة عن الطاقة المستخدمة من فئة أو أخرى بأقل من تكلفتها ومن الأمور المسلم بها أن لا تقل محاسبة أي مستخدم للطاقة عن التكلفة الفعلية لتوريد الطاقة له مضافا إليها ما قد يتقرر لقطاع الكهرباء من ربح على الطاقة المباعة ومؤدى ذلك كله أن تتوازن الأعباء مع الإيرادات في الأجل الطويل فإن لم يتحقق ذلك في أسوأ الحالات فالواجب أن لا يحرف على سياسة [illegible]

[illegible] وكما في الحالات التي تطبق فيها الأسعار التفضيلية مع التقليل من مدى الانحراف ذلك أنه من آثار الأسعار التفضيلية وجود [illegible] هو الفرق بين السعر التفضيلي وبين التكلفة الفعلية على جهد التغذية ذلك أن هذا الفرق إما أن تتحمله الدولة في ميزانيتها العامة (في صورة دعم) حفاظا على التوازن الاجتماعي وإما أن تتحمله القطاعات الأخرى المستخدمة للطاقة الكهربائية على الجهود الأخرى لتعيد التغطية التي انصرف إليها السعر التفضيلي حفاظا على التوازن المالي لقطاع الكهرباء مؤدى ذلك زيادة أسعار الطاقة على الفئات التي يقع عليها عبء ذلك التركيز وعلى أية حال فإن تبني سياسة الأسعار التفضيلية يقتضي مراعاة الحذر في الأخذ بها على أن يكون تطبيقها في أضيق الحدود ولفترة محدودة من الزمن لا تزيد عن الفترة اللازمة لتمكين صناعة من الصناعات الهامة من الوقوف على أسس اقتصادية سليمة من حيث تكلفة وجودة منتجاتها أن تستمر هذه المعاملة إلى مالا نهاية من شأنه إعاقة توقف الظروف الملائمة لتطوير سلم [illegible] التعريفة إذ تتحمل فئات أخرى من مستخدمي الطاقة ما يعوق [illegible] المترتبة على الأسعار التفضيلية أو تتحمل الميزانية العامة عبء هذه المساعدة المستمرة فإذا لم ينتقل ذلك العبء على باقي مستخدمي الطاقة فلذلك من الواجب أن تنتهي المعاملة التفضيلية إذا انتفت الفئة المنتفعة بتحقيق الأهداف التي قامت المعاملة التفضيلية لتحقيقها.

الشكل رقم 7-3

8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0

3- القرارات الإدارية Orders

جدير بالذكر أنه يوجد عامل آخر يؤثر على البنيان التعريفي تأثيرا لا يتصل أساسا بالتكلفة الفعلية للطاقة الكهربائية في أية مرحلة من مراحل إنتاجها ونقلها وتوزيعها وإنما مرجعه إلى قرارات صادرة من السلطات العامة تتمثل في الضرائب والرسوم التي تفرض على وحدة الطاقة التي تستهلكها بعض فئات مستخدمي الكهرباء ولا جدال في أن هذه الإجراءات من قبل الدولة تمثل أسلوبا ضرائبيا سهلا وفعالا بالنسبة للسلطات العامة لسهولة جبايته من ناحية وللاضطراد زيادة حصيلته بصفة مضطردة بنمو الطلب على الطاقة الكهربائية غير أن هذه الإجراءات من شأنها أن تؤدي إلى تصوير خاطئ أن تلحق تشويها ضارا - إذا ما كثرت وتعددت - لحقيقة أسعار بيع الطاقة الكهربائية. كما أن هذه الإجراءات من شأنها بالبنيان التعريفي من شأنه أن يشكل عائقا للتطور السليم و الطبيعي لاستهلاكات.

الطاقة ونمو استخداماتها، يضاف إلى ذلك الضرر الذي يلحق بالاستغلال السليم للاستثمارات الكبيرة في قطاع الكهرباء في الأمد الطويل وللاقتصاد القومي ككل. ذلك الأمر هو الذي يؤدي بدوره إلى عدم تحقيق الاستغلال الاقتصادي لمحطات التوليد وشبكات النقل والتوزيع في قطاع الكهرباء مما ينعكس بالضرورة على اقتصاديات ذلك القطاع نتيجة لارتفاع تكلفة الوحدة بشكل لا يتناسب وحجم رؤوس الأموال المستثمرة في ذلك القطاع وحصيلة ذلك كله إعاقة للتطور في المجتمع نحو إنتاجية أفضل ومستوى معيشة أعلى كما يساعد من الجهة الإدارية ذلك التطور السابق في الطاقة على القطاعات الاقتصادية خلال الفترة من 1981 إلى 1994 كما هو مبين في الشكل 7- 4 لكل من الأعمال القياسية كالصناعة والزراعة والأعمال التجارية وكذلك المنزلية والإسكان إضافة إلى استهلاك القطاع الحكومي والقطاع العام، وقد تم حساب معدل النمو والذي ظهر في الجدول بصورة متذبذبة غير صاعد أو هابط.

4- ترشيد تكلفة إنتاج الطاقة الكهربية

ذلك يكون من حيث التحول إلى الوقود الأوفر ثمنا بصفة مستمرة وتجهيز المحطات بالنظم المناسبة لهذا الأداء فمثلا ظهر الغاز الطبيعي بكثرة في مصر وله من الاحتياطي الكميات التي تغطي مسافات زمنية طويلة الأمد ومن ثم لا بد وأن تتوجه غالبية المحطات للتعامل مع هذه النوعية من الوقود بدلا من تلك المكلفة مثل الفحم وغيره.

7-3: خصائص النظام التعريفي *Performance*

إن التعريفات المعمول بها في مصر حاليا هي نفس التعريفات التي كان معمولا بها مع تعديلات بسيطة، وذلك للانتقال من الملكية العامة والحكومية لقطاع الكهرباء إلى نظم الخصخصة على مختلف الجهات التي كانت مسئولة عن إنتاج ونقل وتوزيع الطاقة الكهربائية في المنطقة التي كانت تباشر فيها نشاطها، وهذه الجهات كانت حتى عام 1964 تاريخ قيام وزارة الكهرباء والمؤسسة المصرية العامة للكهرباء (هيئة كهرباء مصر حاليا والشركات المنبثقة عنها) وهي التي جمعت كل الجهات المنتجة والناقلة للطاقة الكهربية في كيان واحد مستقل وموحد. كان ذلك جمعا للجهات المتعددة التي كانت قائمة ، منذ بداية وجود شبكات كهربية في العهد الملكي بمصر، وقبل ظهور المؤسسة المصرية العامة للكهرباء عام 1964 مثل إدارة الكهرباء والغاز لمدينة القاهرة، أو مؤسسة الكهرباء والغاز بمدينة الإسكندرية، ومصلحة الميكانيكا والكهرباء المركزية ومجالس المدن والقرى كل في موقعه وهي التي كانت لديها وحدات لتوليد الطاقة الكهربائية أحيانا حيث كان الطابع المميز لهذه الجهات هو استقلالها عن بعضها البعض في كافة المجالات الفنية والإدارية والمالية ولكل منها نظامها الخاص بأسعار ومحاسبة مستخدمي الطاقة بها. إضافة إلى أن التعريفات الخاصة بإدارة الكهرباء والغاز لمدينة القاهرة تطبق على جميع مستخدمي الطاقة بمدينة القاهرة والجيزة فقط بينما التعريفة الخاصة بمؤسسة الكهرباء لمدينة الإسكندرية ، وتطبق على مستخدمي الطاقة في الإسكندرية، أما التعريفة الخاصة بمصلحة الميكانيكا والكهرباء فقد كانت تطبق حتى 30/6/ 1970، وهو تاريخ صدور القرار الجمهوري رقم 2094 الذي نص على محاسبة مستخدمي الطاقة الكهربائية خارج مدينتي القاهرة والإسكندرية بالأسعار التي يحاسب بها مستخدمي الطاقة في منطقة القاهرة على نحو ما سيأتي بيانه فيما بعد، علاوة على أنه كانت هناك تعريفات خاصة ببعض الشركات الصناعية.

أولا: تعريفة بيع الكهرباء بمدينة القاهرة

تنقسم هذه التعريفات تبعا للاستخدام إلى أسعار خاصة بالإنارة والاستعمالات المنزلية وأسعار خاصة بالقوى المحركة للصناعات الكبيرة والمرافق العامة وأسعار خاصة بالمصالح الحكومية وأسعار أخرى خاصة ببعض الجهات ذات الطبيعة الاجتماعية وكذلك الإنارة العامة للطرق، وهناك محولان لتسعير بيع الطاقة في القاهرة على النحو التالي:

أ) تعريفة الإنارة

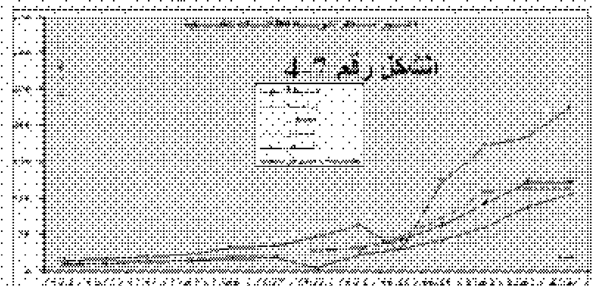
يوضح الجدول رقم 7 – 5 أسعار بيع الطاقة للإنارة والاستعمالات المنزلية بالقاهرة والجيزة تبعا للنظام القديم والمشار إليه عاليه وهذه كلها استخدامات كهربية علي نظام التغذية وحيد الطور 220 ف.
يتضح من هذا الجدول أن أسعار بيع الطاقة الكهربائية للإنارة بلغت 30 مليم / ك. و. س. يخصص منها 6.16 مليم / ك. و. س. (حصة قطاع الكهرباء) والباقي يمثل جملة الإتاوة والرسوم والدمغات. ومخصص الاستعمالات المنزلية عبارة عن 18 مليم / ك. و. س. يؤول منها لقطاع الكهرباء 10 مليم / ك. و. س. والباقي وقدره 8 مليمات تمثل جملة الرسوم والدمغات التي تحصل لحساب الجهات الأخرى.

جدول رقم 7-5: أسعار بيع الطاقة بمحافظتي القاهرة والجيزة (مليم/ك.و.س)

الاستخدام	اجمالي السعر	حصة المؤسسة	محصل لحساب جهات أخرى		
			اتاوة	دمغة	رسم إذاعة
الإنارة	30	6.16	4.7	4	2
الاستعمالات المنزلية	18	10	4	4	-

ب) تعريفة القوى المحركة

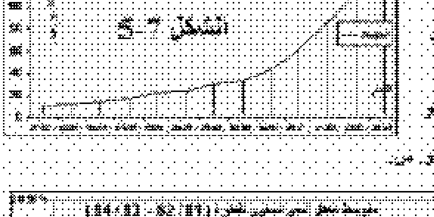
يتم التسعير بالنسبة إلى استخدامات الطاقة الكهربائية في القوى المحركة بنوعين من شرائح متدرجة تنازليا تتناسب مع القدرة المتعاقد عليها المشتركة ومع الوقت الذي يتم فيه الاستهلاك بما يحجم الطاقة المستهلكة سنويا ويتراوح سعر بيع الطاقة الكهربائية للمشتركين في القوى المحركة الذي يزيد القدرة المتعاقد عليها عن 624 ك.ف.أ ما بين 4.6 و 4.7 مليم / ك.و.س. أما بالنسبة لمستخدمي الطاقة في القوى المحركة


الشكل رقم 7-4

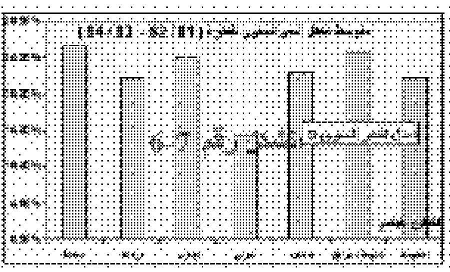
الذين تقل القدرة المتعاقد عليها عن 624 ك.ف.أ فإن أسعار مستخدميها تتراوح ما بين 2.15 و 10 مليم لكل ك.و.س. كما يلاحظ في هذه الأسعار أنها غير محملة بأي من الأعباء (رسوم، دمغات، إتاوات) والتي يوجد مثلها في الجدول رقم 7-5 الذي يحدد أسعار بيع الطاقة الكهربائية للإنارة أو الاستعمالات المنزلية هذا فيما عدا الطاقة الكهربائية المستخدمة في أغراض الإنارة داخل هذه المنشآت فإنها تخضع للأعباء سالفة الذكر وتحاسب على الإنارة بـ 30 مليم / ك.و.س. ويسري هذه الأسعار.

بنفس المعدل المذكور في الجدول رقم 7-5 بينما استخدامات الطاقة الكهربائية في المرافق العامة يتم التعامل معها بصفة خاصة كقوى محركة.

على الجانب الآخر بالنسبة للمصانع الحكومية وبعض الجهات والهيئات ذات الصبغة الاجتماعية الخاصة (المستشفيات والملاجئ ودور العبادة) والأبنية وسائر الهيئات التي لا تبغي الكسب من نشاطها فتعامل بأسعار تقل بالنسبة لاستخدامات الطاقة في الإنارة والاستعمالات المنزلية عن الأسعار التي يحاسب بموجبها المستهلك العادي وتبلغ 12.6 مليم / ك.و.س. ويبلغ متوسط سعر محاسبة المحافظة عن استهلاك الطاقة للإنارة العامة وإشارات المرور بـ 10.022 مليم / ك.و.س.



تضيف تاريخ تطور أسعار التعريفة الكهربية في مصر كما تبينت بسعرها وهي مبينة في الشكل رقم 7-4 وذلك لكل قطاع استهلاكي على حدة مثل كافة القطاعات الاقتصادية كالأعمال الأساسية أو محلية الطابع ومن الشكل الإحصائي نرى أن النمو المتزايد بسرعة لقطاع الأعمال التجارية يليه القطاع الحكومي بينما التزايد في القطاع الصناعي يظهر أقل معدلا للمستهلك تبعا للتخطيط القومي والتوجيه السياسي في المرحلة الراهنة. أما عن الأسعار الإجمالية أي السعر المتوسط لبيع الطاقة الكهربائية خلال الفترة (81/82 - 93/94) فقد جاءت في الشكل رقم 7-5 حيث تطور القيمة المتوسطة لسعر الطاقة لوحدة مليم/ ك.و.س.



من الجهة الأخرى فقد تم حساب معدل النمو المتوسط السنوي خلال هذه الفترة حتى تكون المقارنة عادلة بين القطاعات الاقتصادية المشار إليها وكانت النتائج كما ظهرت في الشكل رقم 7-6 حيث يتضح تأرجحها وعدم ثبات في السعر ككل.

ثانيا: أسعار الكهرباء بمدينة الإسكندرية

تنقسم هذه التعريفات تبعا للاستخدام الى أسعار خاصة بالإنارة والاستعمالات المنزلية وسائر الاستخدامات الأخرى مثل مدينة القاهرة السابق ذكرها مع اختلافات بسيطة بينها. تعدد طرق المحاسبة بالنسبة للاستخدام الواحد في مجال الإنارة والاستعمالات المنزلية.

أ) أسعار الإنارة والاستعمالات المنزلية

تتم محاسبة مستخدمي الطاقة الكهربائية في الإنارة والاستعمالات المنزلية بأسلوب ميسر وذلك من خلال ثلاث طرق يتم ذكرهم فيما يلي:

الطريقة الأولى: إستخدام عدادين

يتم التعامل مع حصر الطاقة المستهلكة من خلال عدادين في وقت واحد وهذا الأسلوب متاحا بالنسبة لنظام مدينة القاهرة الكبرى وهذان العدادان هما: (أولا: عداد للإنارة فقط بسعر 28 مليم لكل ك.و.س. - ثانيا: عداد للاستعمالات المنزلية فقط (بدون إنارة) بسعر 7 , 21 مليم لكل كيلووات ساعة). كما يتم المحاسبة تبعا لنظام موحد كما هو مدون في الجدول رقم 7-6.

جدول رقم 7-6: أسعار بيع الطاقة للإنارة والاستعمالات المنزلية بمحافظتي القاهرة والجيزة

الاستخدام	اجمالي السعر مليم/ك.و.س	حصة المؤسسة مليم/ك.و.س	لحساب جهات أخرى (مليم/ك.و.س)		
			اتاوة	دمغة	رسم إذاعة
الإنارة	28	16	6	4	2
استعمالات منزلية	21 , 7	21 , 7	4	4	2

الطريقة الثانية: عداد للإنارة والاستعمالات المنزلية

جدول رقم 7-7 : أسعار الشرائح التصاعدية

الشريحة	الأولى	الثانية	الثالثة
سعر (مليم لكل ك.و.س)	28	22 , 4	12 , 9
حصة المؤسسة (مليم/ك.و.س)	16	12 , 4	5 , 9
اتاوة (مليم/ك.و.س)	6	4	1
دمغة (مليم/ك.و.س)	4	4	4
رسم إذاعة (مليم/ك.و.س)	2	2	2
قوة العداد (أ)	5	5	10
الحد الأدنى لسنوي (ك.و.س)	180	90	180

يتم هذا بنظام الشرائح كما هو وارد في الجدول رقم 7-7 حيث السعر تصاعدي ويكون تحديد مستوى الشرائح على أساس عدد حجرات المسكن وقوة العداد المركب لدى المستهلك بحد أدنى سنوي ويتضاعف مع زيادة مقنن العداد. يبين الجدول ما يؤول لقطاع الكهرباء من السعر الذي يسدده مستخدم الطاقة الكهربية وما يؤول الى الجهات الأخرى من أعباء تحمل على السعر على نحو ما أوضحناه من قبل عند الكلام عن الأسعار في منطقة القاهرة.

الطريقة الثالثة: عداد للإنارة والاستعمالات المنزلية

يتم ذلك من خلال نظام الشرائح تبعا لنمط منحنيات الأحمال وتكون بذلك الشرائح متزامنة مع التوقيت الإستهلاكي لها على النحو المبين في الجدول رقم 7-8 .

ب) تسعير القوى المحركة

يعامل مستخدموا الطاقة الكهربائية في القوى المحركة في الإسكندرية معاملة شبيهة بتلك التي يعاملون بها في مدينة القاهرة، على نحو ما سبق بيانه ، فتتم محاسبتهم بموجب شرائح متدرجة تتناسب مع القدرة المتعاقد عليها وحجم الطاقة المستهلكة سنويا والوقت الذي يتم فيه الاستهلاك وتتفق متوسطات سعر الطاقة بالنسبة لكبار مستخدميها في القوي المحركة مع متوسطات السعر في مدينة القاهرة، وكذلك الحال بالنسبة لمتوسطات سعر الطاقة بالنسبة لصغار مستخدميها في القوى المحركة. أما عن سعر الطاقة الكهربائية لإنارة هذه الأماكن فتتم المحاسبة على أساس 28 مليما لكل كيلووات ساعة (شاملة الإنارة والنمغة ورسم الإذاعة).

ثمة استثناء يرد على العقود الخاصة بكبار المستهلكين الفاعليين (ومن في حكمهم) إذ ينص في العقد على أن تتم المحاسبة على الطاقة المستخدمة في الإنارة على أساس متوسط سعر القوى المحركة لذلك المصنع على ألا تزيد حجم الطاقة التي تتم المحاسبة عليها على هذا النحو عن 10% من جملة استهلاك القوى المحركة، ويضاف الى ذلك السعر الأعباء التي ترد على الكيلووات ساعة المستهلك في الإنارة كما سبق الإشارة إليها.

جدول رقم 7 -8 : أسعار الشرائح الزامنية

التوقيت اليومي من الساعة – إلي الساعة	السعر (مليم / ك. و. س.)
من 17 إلي 23 (الذروة)	28
من 23 إلي 8 ليلا	12, 9
من 11 إلي 14 ليلا	12, 9
من 8 إلي 11 نهارا	22, 4
من 14 إلي 17 نهارا	22, 4

ثالثا: بيع الكهرباء للجهات الحكومية

تتبع محافظة الإسكندرية نهجا تشجيعيا بالنسبة للطاقة الكهربية المستهلكة في القطاعات الحكومية فنجد أن تعامل المصالح الحكومية في مدينة الإسكندرية له نظام خاص حيث بالنسبة للطاقة المستخدمة في الإنارة تتم المحاسبة على أساس 16 مليما عن كل ك. و. س. للمصانع الحكومية و 2 ,14 مليما عن كل ك.و.س. لمحافظة الإسكندرية (الجدول رقم 7-9). أما بالنسبة لسعر الطاقة المستخدمة في الاستعمالات المنزلية داخل هذه الجهات الحكومية (الجدول رقم 7-9) فتتم المحاسبة بالنسبة للمصالح الحكومية بسعر 7 و 11 مليم/ك.و.س وبسعر 4 , 10 مليم/ك.و.س. لمحافظة الإسكندرية ذاتها أي للديوان العام أو لجهات الأخرى التابعة لديوان المحافظة مثل الأحياء والمديريات المختلفة التي تخضع للمحافظة إداريا.

أما عن الإنارة العامة فنجد أن سعر المحاسبة عن كل كيلووات ساعة مستهلك في الإنارة العامة في مدينة الإسكندرية يختلف تبعا للوقت الذي يتم فيه ذلك الاستهلاك كما هو مدون في الجدول رقم 7-9 حيث أن السعر المحدد به تخفيضا بنسبة مئوية عن الجهات الأخرى علاوة على أنه بدون ضرائب.

رابعا: تقنين الأسعار للطاقة الكهربية

نتناول في هذا الصدد معاملات التشجيع لإستهلاك الكهرباء سواء من جهة تخفيض السعر أو من ناحية العمل على زيادة الإستثمارات في هذا الميدان ولذلك نضع هذين المحورين:

جدول رقم 7-9 : أسعار أحمال الإنارة الحكومية والعامة بمحافظة الإسكندرية (مليم/ ك. و. س.)

الجهة	سعر الإنارة	حافز %	إستعمالات منزلية
المصالح الحكومية	16		11.7
المصانع الحكومية	14.2		
الإنارة العامة قبل منتصف الليل	11.2	30	
الإنارة العامة بعد منتصف الليل	8	50	
ديوان المحافظة والتوابع			10.4

أ) تخفيض أسعار بيع الطاقة الكهربائية

يتضح من تحليل مكونات سعر وحدة الطاقة المستهلكة في الإنارة والإستعمالات المنزلية ارتفاع نسبة الأعباء المحملة على السعر الذي يدفعه مستخدموها، ففي الوقت الذي يبلغ فيه نصيب قطاع الكهرباء في كل كيلو وات ساعة مستهلك في مدينة القاهرة في الإنارة 6.16 مليم فإن الأعباء الضرائبية التي يدفعها مستهلك الطاقة في الإنارة تبلغ 4.13 مليم عن كل كيلووات ساعة بمعنى أن مستهلك الطاقة يتحمل أعباء تصل نسبتها إلى 81 % من سعر المحاسبة عن وحدة الطاقة، أما بالنسبة لوحدة الطاقة المستهلكة في الاستعمالات المنزلية فإن جملة هذه الأعباء تبلغ 75 % عن كل كيلو وات ساعة مستهلك في القاهرة بينما تبلغ هذه النسب في مدينة الإسكندرية 80 % في حالة الإنارة و 85 % في حالة الاستعمالات المنزلية.

يظهر أيضا من تحليل العنصر الآخر المكون لسعر بيع الطاقة الكهربائية للإنارة والإستعمالات المنزلية أن متوسط تكلفة الكيلووات ساعة الموزع على شبكة الجهد المنخفض لهذين الاستخدامين يقرب من متوسط ما يؤول لقطاع الكهرباء على هذا الجهد، ومن ثم فإنه عموما اتجه الأمر إلى بحث موضوع تخفيض أسعار بيع الطاقة الكهربائية لمستخدمي الطاقة في الإنارة والإستعمالات المنزلية أتضح استحالة إجراء أي تخفيض في الجزء الذي يؤول إلى قطاع الكهرباء (مقابل أعباء إنتاج ونقل وتوزيع الطاقة) للاعتبارات المالية سالفة الذكر، هذا بالإضافة إلى الخصائص التي تتصل بالتوزيع على ذلك الجهد فالطلب على الطاقة الكهربائية للإنارة والإستعمالات إذ يبلغ متوسط سعر المحاسبة (حصة المؤسسة المصرية العامة للكهرباء) للإنارة والاستعمالات المنزلية بقيمة 14.6 مليما عن كل كيلووات ساعة في حين يبلغ متوسط تكلفة التوزيع على الجهد المنخفض 12.12 مليما / ك و. س.

عادة ما تتزامن الأحمال الكهربية المنزلية القصوى (حسب منحنى الأحمال القياسي للأحمال المنزلية)، يقع الجزء الأكبر منه مع وقت زمن ساعات الذروة وهي الساعات التي عندها يبلغ سعر التكلفة فيها أعلى مستوياته حيث يضاف إلى ذلك كثافة الاستهلاك وارتفاع معامل التشتت مما يزيد من الأعباء الاستثمارية اللازمة لخدمة مستخدمي الطاقة الكهربائية في الإنارة والاستعمالات المنزلية، علاوة على ذلك نجد أن أي تخفيض قد يؤثر على إمكانية إعطاء أسعار تفضيلية لبعض الصناعات على الجهود الكهربية الأعلى فضلا عن أن هذا يخل بالتوازن المالي لقطاع الكهرباء وتأسيسا على ذلك التحليل ومع الأخذ في الاعتبار كل هذه العوامل اتجه التخفيض إلى عددا من العناصر نتناولها باختصار شديد فيما بعد.

ب) الأعباء الضريبية

في مراحل التسعير وتغيير التسعيرة لبيع الطاقة للجمهور فقد تم التخفيض التسعيري في صورة تعريفة جديدة موحدة وحدت للمرة الأولى أسعار بيع الطاقة الكهربائية للإنارة والاستعمالات المنزلية في كافة أرجاء البلاد وقد روعي عند وضع هذه التعريفة أن تكون بسيطة مع الأخذ بنظام العداد الواحد بالشرائح الشهرية ومكوناتها بالنسبة للإنارة والاستعمالات المنزلية، ويبين الجدول رقم 7 -10 هذا النظام الموحد للتعريفة الكهربية في مصر.

جدول رقم 7- 10 : النظام الموحد للتعريفة الكهربية في مصر (مليم/ك.و.س)

الشرائح (ك.و.س شهريا)	اجمالي السعر	حصة المؤسسة	محصل لحساب جهات أخرى: اتاوة	دمغة	رسم إذاعة
45	22, 5	16, 5	-	4	2
أكثر من 45	14	10	--	4	-

تهدف هذه التعريفة الجديدة إلى جانب تحقيق المساواة بين جميع مستخدمي الطاقة الكهربائية في الإنارة والاستعمالات المنزلية إلى تخفيف الأعباء المالية على مستخدميها وتوسيع القاعدة المستخدمة للكهرباء في الإنارة وتشجيع استخدام الكهرباء في الاستعمالات المنزلية وهو هدف مزدوج الفائدة إذ يساعد على عملية إحلال الطاقة الكهربائية محل غيرها من أشكال الطاقة كما يساعد من الناحية الأخرى على تحقيق تشغيل إقتصادي أفضل لمحطات التوليد وشبكات النقل والتوزيع ذلك هو الأمر الذي من شأنه أن يؤثر تأثيرا إيجابيا على تكلفة الوحدة من الطاقة غير أن فائدة نظام الشرائح تحقق على وجه أفضل أو أن هذا النظام أخذ في الاعتبار الوقت الذي يتم فيه استخدام الطاقة الكهربائية بحيث تحدد سعر المحاسبة تبعا للوقت الذي يتم فيه الاستهلاك فيكون السعر في تزامن الأحمال الخفيفة والدنيا في منحنيات الأحمال الفعلية (ساعات أدنى حمل) أقل من السعر الذي يتحدد لسعر وحدة الطاقة التي تستهلك في الساعات الممتلئة (ساعات الذروة)، كما يبدو أن الأخذ بهذا النظام يتطلب استثمارات كبيرة في معدات كهربائية لقياس استهلاك الطاقة وهي ما قد لا يتيسر تدبيرها في الوقت الحاضر ولكن النظام الجديد مع ما فيه من نقص إلا أنه نهجا سليما وفي الاتجاه الصحيح والتطور المطلوب وهو ما نأمله مستقبلا كي يتم الأخذ بالسعر بناء على كلا من الشرائح المتتابعة بجانب التوقيت والتزامن في إستهلاك الطاقة وهو من الأسس الجوهرية المطلوبة للتعامل مع المشتركين بعد الخصخصة الكاملة لشركات الكهرباء بمصر.

خامسا: مدينة السويس

معدل أستهلاك الطاقة من أهم المشكلات المعاصرة في جميع الدول والتي يتم فيها البحث لايجاد حلول لترشيد إستهلاك الطاقة وكيفية حساب معدلات الأستهلاك على التصنيفات اليومية والشهرية والسنوية. إن مدينة السويس ذات طبيعة خاصة للبحث بما تحتويه من منشآت صناعية هائلة تتمثل في مصانع (البترول، الأسمدة، الحديد ،الزيوت.... الخ)، وكذلك بما تحتويه من نشاط الموانئ البحرية (ميناء السخنة، ميناء بورتوفيق) وما بها من معدات وأوناش هائلة لها معدلات أستهلاك كبيرة ولا ننسي النشاط السكاني الذي يسهم بدور فعال في معدلات الأستهلاك.

1- حساب الطاقة

تبلغ الطاقة الكهربائية المولدة سنويا في مصر حوالي 40 مليار كيلو وات ساعة يتم بيعها للمستهلكين على الجهود الفائقة والعالية بواسطة هيئةكهرباء مصر. أما بيع الطاقة المستهلكة على الجهود المتوسطة والمنخفضة فيتم بيعها عن طريق هيئة القطاع العام لتوزيع القوى الكهربائية والتي أصبحت الشركة القابضة لتوزيع وإنتاج القوى الكهربائية والشركات التابعة لها.
يميز الاقتصاديون والفنيون بين ثلاثة من أنواع تكاليف الكهرباء وهي:

1) تكلفة الطلب Demand Cost

تكلفة الطلب هي نصيب المشترك من تكلفة قدرات التوليد وشبكة التوزيع وكلها تحدد على أساس الحمل الأقصى ووقت حدوثه الذي يتم تقديره بناء على طلب المستهلكين من الكهرباء للأعوام التالية. تشمل هذه التكاليف تكاليف تقادم المعدات Depreciation والفائدة على رأس المال المستثمر وغير ذلك.

2) تكلفة الاستهلاك أو تكلفة الطاقة

هي تكلفة الوقود المستخدم في توليد الكيلووات ساعة من الكهرباء من مختلف انواع محطات التوليد الحرارية(بخارية- غازية- نووية). تتغير هذه التكلفة حسب عدد الوحدات المنتجة من كل نوع من أنواع محطات التوليد الحرارية ومستوى التحميل لهذه الوحدات، بالاضافة الى تكلفة التشغيل والصيانة ويضاف الى كل من تكلفة الطلب وتكلفة الطاقة تكلفة الفاقد.
من التعريفات المطبقة بشكل عام:

1 - التعريفة الموحدة Flat Rate Tariff

التعريفة الموحدة عبارة عن سعر واحد للطاقة (مليم / ك و س) يطبق لمستهلكي الطاقة على جهود التغذية الفائقة والعالية. يفترض ان تغطي هذه التعريفة جميع تكاليف انتاج الكهرباء ولكنها لا تتطابق مع تكاليف الطلب التي تختلف من مستهلك الى آخر حسب طبيعة استهلاكه على مدى الأربع والعشرين ساعة يوميا. وقد تم اجراء دراسات اقتصادية سابقة لدراسة الاسعار على أساس التكلفة المتوسطة مع الأخذ في الاعتبار تكاليف الانتاج والنقل والتوزيع كان من نتائجها تطبيق سياسة التعريفة الحالية والتي يغلب عليها تعريفة السعر الموحد Flat Rate حيث يتحدد سعر بيع وحدة الكهرباء (ك و س) بمعدل ثابت لكل الكمية المستهلكة. لذلك فان الايراد الكلي من بيع الكهرباء يزداد بمعدل ثابت هو معدل زيادة الاستهلاك.

2 - تعريفة الشرائح الثابتة Fixed Block Rate Tariff

يعطي سعرا ثابتا للطاقة (مليم / ك و س) لحجم شريحة استهلاك معينة ويتحدد حجم وسعر هذه الشريحة حسب نوع المستهلك وجهد التغذية، ويراعى في تحديد اسعار هذه الشرائح تحقيق الايرادات الكافية لتغطية تكاليف الانتاج والنقل والتوزيع. يطبق هذا النظام للتعريفة في مصر على عدة قطاعات من المستهلكين كالصناعات الصغيرة والاستخدامات المنزلية والتجارية.

3- التعريفة المزدوجة Variable Block Rate Tariff

تنقسم هذه التعريفة الى جزئين: قسط ثابت للطلب(جنيه لكل وات) يمثل نصيب كل ك. و متعاقد عليه من التكاليف الرأسمالية السنوية لانتاج وتوصيل الكهرباء للمستهلك بغض النظر عن كمية الاستهلاك. وتعريفة الطاقة (مليم لكل ك و س) يمكن أن تكون ثابتة أو متغيرة تبعا لنوع المستهلك والقدرة التعاقدية وجهود التغذية وذلك مثل المشروعات المقامة بالمناطق الحرة بالنسبة للتعريفة الثابتة والمشروعات التي تصنف على انها قوى محركة ذات قدرة تعاقدية اكثر من 500ك و بالنسبة للتعريفة المتغيرة.

يؤدي تطبيق التعريفة المزدوجة الي عدم مغالاة المشتركين في تقدير القدرات التعاقدية التي يتم علي أساسها تقدير قدرات محطات التوليد والمحولات وغيرها ويمكن الحد من الزيادة في الحمل الاقصي للمشترك علي القدرة التعاقدية بفرض غرامة كبيرة يدفعها عن كل ك.و. زيادة في الحمل الأقصى عن القدرة التعاقدية.

4- أنظمة أخرى للتعريفة

نظرا لمحدودية حجم الفائض من قدرات التوليد المتوفرة في الأوقات المختلفة من السنة أو حتي خلال ساعات اليوم فأن سعر الطاقة يمكن أن يحدد تبعا لذلك بحيث يرتفع في فترة الذروة المسائية و ذلك للحد من قيمة الحمل الأقصى خلال هذه الفترة.لذا من المهم معرفة الكيفية التي يتم بواسطتها حساب قيم أسعار الطاقة لمختلف المستخدمين حتي يكون ذلك حافزا للترشيد والأستخدام الامثل.

بالنسبة للمصانع والقوى المحركة يوجد لدى شركات الكهرباء نوعين من التعاقد :

1 - عقد المشتركين أكبر من 500 ك وات

يكون سعر الطاقة لكل ك وات سعر موحد ويكون هو 15.35 قرش بالاضافة الي قسط شهري 7,30 جنيه \ ك.وات. عبارة عن الحمل × 7,30جنيه وذلك لأن القسط الثابت جزء من التيار. فمثلا إذا كان التعاقد علي 1.5 ميجا وات يتم الحساب كالأتي: (1.5 ميجا×35. 15+ 30.7×1.5 ميجا) وتحرر الفاتورة بهذا المبلغ، وتكون فلسفة القسط الثابت وذلك للتشجيع علي العمل وذلك أذا لم تعمل ستحاسب أيضا علي القسط الثابت.

جدول رقم 7- 11: الشرائح التسعيرية للإستخدامات المنزلية والتجارية (بالقرش/ك.و.س.)

الشريحة المنزلية ك.و.س	السعر قرش	الشريحة التجارية ك.و.س	السعر قرش
من 1 الى 50	5	100	18
من 51 الى 200	83	150	26
من 201 الى 350	11	350	33 .2
من 351 الى 700	15	400	41
من 701 الى 1000	21	ما زاد عن 1000	43
أكثر من 1000	25	الإنارة العامة	3

2- عقد المشتركين أقل من 500 ك و

يستخدم هذا العقد للمصانع الصغيرة وتحاسب علي سعر موحد 18 للكيلو وات ساعة، ويضاف الي كل من العقدين السابقين ضريبة صناعية بواقع 6 مليم/ك.و.س للكهرباء لأغراض الاضاءة.

3- عقد بغرض الاستخدام المنزلي والتجاري

يحاسب المشترك بشرائح تصاعدية القيمة كالأتي:

أ- الأستخدام المنزلي ب - الأستخدام التجاري

يوجد سعر موحد 18 قرش وذلك للسلع التي تباع بعد إجراء تعديل لها مثل (المحلات الانتاجية - محل ألبان... قهوة....ألخ) أما الأماكن التي تباع بها السلع علي حالتها أي بدون تعديل بها ويضاف 30 مليم دمغة استهلاك. كما

يوجد نوع آخر من الخدمات التجارية مثل: (المحامي, مكتب هندسي ,.... ألخ) حيث تعتمد على النشاط الذهني ويكون لها سعر موحد 18 قرش مثل (محل الملابس الجاهزة) يكون الحساب تصاعدي (جدول رقم 7- 11)، ويبدأ من 18 قرش وينتهي بـ 43 قرش.

ج- الأنشطة الزراعية

تتمتع الزراعة بتخفيض خاص بها وذلك لتشجيع الزراعة حيث يكون بسعر 7 قروش/ ك.و.س وذلك حتى جهد 500 ك .و. وكذلك يكون هناك تخفيض للجمعيات الزراعية يصل الى 10%.

د- الأستخدام الخدمي (الجهات الحكومية والأنارة العامة)

يتم تغذية أعمال الإنارة العامة للطرق والشوارع وغيرها بجانب القطاع الحكومي على الجهود المنخفضة وتحاسب بمعدل ثابت، بسعر 18 مليم/ ك. و .س. في مصر بينما نجد أن التعريفة السعرية لبيع الطاقة الكهربية تتباين بين الدول العربية فمثلا نجد هذه التعريف في ليبيا بنوعين هما للاستهلاك المنزلي أو للاستهلاك العام وتتحدد في الجدول رقم بقيمة الدرهم لكل ك.و.س. (الجدول رقم 7 – 12)

جدول رقم 7- 12: الشرائح التسعيرية للاستهلاك المنزلي والعام في ليبيا (الدرهم لكل ك.و.س.)

نوع	الاستهلاك ك.و.س	درهم/ك.و.س	نوع	نوعية ك.و.س	درهم/ ك.و.س
الاستهلاك المنزلي	0 – 500	20	الاستهلاك العام	المرافق وإنارة عامة	68
	501 – 600	25		التجاري	68
	601 – 700	35		صناعي خفيف	42
	701 – 800	40		صناعي ثقيل	31
	801 – 900	45		زراعي صغار	30
	أكثر من 900	55		زراعي كبار	32

5 – التعريفة ومعامل القدرة

التعريفة موضوعة على أساس معامل القدرة 0.9 وفي حالة انخفاض هذا المعامل المتوسط في السنة الكاملة عن يزداد سعر الطاقة بمقدار 0.5% لكل 0.01 من أنخفاض معامل القدرة عن 0.9 حتى يصل معامل القدرة الى 0.7 وفي حالة أنخفاض معامل القدرة عن 0.7 يزداد سعر الطاقة بمقدار 1% لكل 0.01من أنخفاض معامل القدرة على أن يلتزم المنتفع في هذه الحالة بتركيب الاجهزة اللازمة لتحسين معامل القدرة خلال ثلاثة شهور من تاريخ اخطاره بكتاب مسجل بعلم الوصول. وفي حالة عدم تركيب أجهزة تحسين معامل القدرة خلال تلك المهلة يزداد سعر الطاقة بمقدار 2% لكل 0.01 من انخفاض معامل القدرة عن 0.9 وفي حالة عدم تركيب اجهزة التحسين بعد ستة اشهر اخرى يكون للشركة الحق في قطع التيار عن المنتفع الى ان يقوم بتحسين معامل القدرة الى الحد اللازم ويظل العقد ساريا. في حالة زيادة معامل القدرة عن 0.92 يقل سعر الطاقة بمقدار 5..% لكل 0.01ارتفاع في معامل القدرة وبحد اقصى 0.95 لمعامل القدرة.

6- التعريفة والحمل الأقصى

عند التعاقد بين الشركة الموردة للكهرباء والشركة المستهلكة توجد بعض النقاط الهامة:

1 - عند زيادة الحمل الأقصى عن 1.5% من القدرة الأسمية المتعاقد عليها يلتزم المنتفع بأداء ما يقابل كامل الزيادة عن القدرة الأسمية المتعاقد عليها بنسبة 0.5% بسعر قدره 8 جنيه \ كيلو وات عن شهر المحاسبة.

2 - مع زيادة الحمل الأقصى خلال فترة الذروة عن 1.5% من متوسط الحمل الشهري يلتزم المنتفع بأداء ما يقابل كامل الزيادة عن متوسط الحمل الشهري بسعر قدره 2 جنيه/ كيلو وات عن شهر المحاسبة وذلك بالإضافة الى ما ورد بالفقرة 1 السابقة.

3 إذا انخفض أقصى حمل عن 90% من القدرة الاسمية المتعاقد عليها يكون للهيئة الحق في تعديل القدرة الاسمية تلقائيا لتكون 111% من اقصى حمل خلال فترة السنة السابقة.

سادسا: إدارة الأحمال الكهربائية

آن أدارة الأحمال وإدارة الشبكة الكهربية فنيا وإداريا من أهم العوامل التي تؤثر في حساب التعريفة الكهربية لأنها تدخل في التكلفة الفعلية بل وتؤثر عليها إما بالسلب أو الإيجاب ولذا نضع البنود التالية:

البند الأول: الاستخدامات المنزلية والتجارية

إدارة الطاقة الجيدة في مجال الاستخدامات المنزلية للطاقة الكهربائية من الممكن أن تنبع من خلال بعض المبادئ الرئيسية مثل:

1 اتخاذ الإجراءات الكفيلة برفع معامل قدرة المصابيح الفلورسنت وتلك التي تعمل بالتفريغ الغازي وهي المستخدمة حالياً علي نطاق واسع، وذلك عن طريق إضافة مكثف كهربائي إلى دائرة هذه المصابيح ويقترح في هذا الصدد عدم بيع إي خانق غير مزود بهذا المكثف، وذلك عن طريق الرقابة الصناعية بوزارة الصناعة وإدارة الطاقة بشركات بيع الكهرباء.

2 تطبيق نظام الغرامة علي معامل القدرة المنخفض بعد فترة سماح يتم خلالها استيراد أو تصنيع (محليا) تلك المكثفات المطلوبة وكي يقوم كل مستهلك بتوفيق أوضاعه، وأن يحظر بعد ذلك إنتاج إي خانق دون مكثف.

3 الإسراع نحو الاتجاه إلي العناية بتركيب المكثفات الكهربائية المطلوبة للأجهزة الكهربائية وخاصة الثلاجات والغسالات وما شابهها سواء التي تنتج محلياً أو تلك التي يتم استيرادها حيث يتراوح معامل القدرة الخاص بها بين (0.6) و (0.7) ويبلغ في أجهزة التكييف حوالي (0.8) وذلك من أجل رفع معامل قدرتها جميعاً بحيث لا يقل عن (0.9) علي أن تكون الأجهزة المستوردة مطابقة لذلك أيضا من خلال القرارات الإدارية والتشريعات عند اللزوم.

4 الإسراع في تنفيذ عملية الغرامة المالية نظراً للتوسع الكبير في تصنيع الأجهزة الكهربائية المنزلية محلياً ووضع هذه التوصية موضع التنفيذ الفعلي في أقل وقت ممكن.

5 - الاستمرار في تعميم تركيب المفاتيح المزودة بوقاية ضد زيادة الحمل وضد القصر، والتي تفصل تلقائياً عند تجاوز الأحمال المضبوطة عليها، فيتم بذلك التحديد للقصر الوقاية من الحرائق الناتجة عن استمراره وتأمين الشبكات الداخلية والخارجية ضد التلف، وذلك لدى المشتركين الجدد.

6 دراسة جدوى تركيب هذه المفاتيح لدى المشتركين الحاليين الذين لم يتم تركيبها لديهم بعد، وذلك لضمان عدم تجاوز أحمال الاستخدامات المنزلية والتجارية للحدود التي يحددها معامل تحميل العداد المتعاقد عليه، ووصولاً إلى إدارة أحمال يتسنى من خلالها لقطاع الكهرباء والطاقة تقدير معقول للزيادة الطبيعية في أحمال المشتركين.

البند الثاني: في مجال الزراعة والصناعة

علي نفس الوتيرة نحتاج إلي عدد من المبادئ مثل:

اتخاذ مبادرة مشتركة مع قطاعي الري والزراعة من أجل التوصل إلي تنسيق خاص يتيح اتخاذ الإجراءات الكفيلة بإيقاف أحمال الري والصرف ساعات الذروة وتغيير فترات التحميل أي تغيير بمنحنى الأحمال الخاص

1. بالزراعة وذلك عن طريق زيادة القدرات المركبة للظلمبات مما يسمح لها بالتشغيل الليلي والصباحي فقط بعيداً عن فترات الذروة.

2. الاتجاه الفوري نحو ترشيد استخدام الطاقة الكهربائية في الصناعة بما لا يعني عدم التوسع في المشروعات الحالية أو عدم إنشاء صناعات جديدة بل مع التوجه إلي المزيد من الصناعات.

3. التنسيق مع قطاعات وزارة الصناعة بهدف خفض الأحمال القصوى على الشبكة الكهربائية الموحدة خلال فترات الذروة بما لا يؤثر على الإنتاج. إن هذا التنسيق يجب أن يتم بين قطاعات وزارة الصناعة داخليا من أجل ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية.

4. ضرورة التوجه في عمليات الإحلال والتجديد نحو تحديث العمليات الصناعية باستخدام تكنولوجيات بديلة حافظة للطاقة تستهلك أقل قدر ممكن من الطاقة الكهربائية في نفس الوقت الذي تؤدي فيه إلى زيادة الإنتاج الصناعي وتحسينه.

5. التنسيق الفوري بين أحمال المشتركين الذين يعملون بنظام الورديتين أو الورديات الثلاث وذروة أحمال الجمهورية تجنباً لارتفاع أحمال الذروة المسائية. إن غياب هذا التنسيق الواجب بين أحمال هؤلاء المشتركين وأحمال الذروة يؤثر على الاقتصاد القومي الذي يتحتم عليه في هذه الحالة توفير إنشاء قدرات توليد إضافية لمواجهة الزيادة في حمل الذروة الناتج عن ذلك، كما أن هذا التنسيق المطلوب لا يؤدي إلى أي مساس بإنتاج المصانع، ولكنه يساعد على برمجة الإنتاج بحيث تكون ذروة أحمال هذه المصانع في الورديتين الأولى والثالثة، ويتعين لتحقيق ذلك أن يتم الاتفاق مع جميع القطاعات الصناعية.

6. ضرورة البدء فوراً في استحداث إدخال استخدام الآلية في برمجة عمليات الإنتاج الصناعي في كافة أنحاء الجمهورية وفق نظام خاص يفي بمتطلبات هذا التنسيق، على غرار ما تم بنجاح مع شركات صناعة الأسمنت التي صارت توقف طواحين الأسمنت أثناء الذروة.

7. الإسراع في تعديل البند الخاص بمعامل القدرة في عقود توريد الطاقة الكهربائية للمصانع وكبار المشتركين وذلك لزيادة تعريفة الطاقة الكهربائية في حالة نقص معامل القدرة عن (0.9) على أن تكون الزيادة بشكل مؤثر اقتصادياً حتى تكون حافزاً للمشتركين على تحسين معامل القدرة مع تحديد فترة زمنية تكون كافية لاستيراد المكثفات الكهربائية يتم بعدها تطبيق هذه الزيادة.

البند الثالث: تسعير الكهرباء

على نفس المنوال نحتاج إلي عدد من المبادئ مثل:

1- البدء فوراً في نحي أسلوب تسعير الطاقة الكهربائية المباعة كأحد الوسائل الفعالة في ترشيد الطاقة الكهربائية إنتاجاً واستهلاكاً. مع ملاحظة أن أي زيادة في تحريك أسعار الطاقة الكهربائية ستؤدي بالضرورة إلى زيادة ملحوظة في تكلفة إنتاج السلع الصناعية والاستهلاكية عموما، إلا أن الاستخدام الأمثل لسعر الطاقة الكهربائية كعامل جوهري في ترشيد الطاقة كفيل بتوجيه نظر القائمين علي إدارة الصناعة بالضرورة نحو اتباع النظم الإنتاجية الحافظة للطاقة والتي في مقدمتها طلب تطبيق سعر الكهرباء طبقاً لساعات اليوم المختلفة التي تسمح للمشترك باستخدام الطاقة الكهربائية خارج فترات الذروة المسائية مما يؤثر بشكل فعال على تكلفة استهلاك الكهرباء وهذه هي النظم السائدة عالميا في الوقت الراهن. إن هذا الاتجاه في استخدام سياسة تسعير الكهرباء كأحد الوسائل الفعالة في الترشيد ، ليؤثر على نحو إيجابي في تخفيض الدعم الذي قد تجد الحكومة نفسها مضطرة إلى تقديمه للحفاظ على الوحدات الإنتاجية من جهة والتخفيف من الأعباء المعيشية على المستهلكين من جهة أخرى.

2- الإسراع في تطبيق التعريفة المزدوجة كوسيلة رئيسية من وسائل التحكم غير المباشر في الأحمال، اتجاهاً نحو ترشيد استخدام الطاقة الكهربائية في وقت ذروة الأحمال وتنقسم هذه التعريفة المزدوجة إلى:

أ) القسط الثابت للقدرة

هذا المستهلك نصيب كل كيلووات متعاقد عليه من التكاليف الرأسمالية السنوية التي يتكلفها القطاع لتوصيل الكهرباء إلى المستهلك

ب) سعر الطاقة الكهربائية وقت الاستهلاك

انه السعر الذي يتناسب مع تكلفة إنتاج وحدة الطاقة الكهربائية خلال ساعات اليوم المختلفة والتي تختلف باختلاف التوقيت الذي يتم فيه الاستهلاك، سواء في فترات الذروة المسائية أو في الفترات خارجها وسواء كان الوقت شتاء أو صيفاً، مما يتيح الخروج بالحمل وقت ذروة الأحمال وتوفير ما يقرب من 20 % من تكلفة الطاقة الكهربائية.

البند الرابع: قراءة الطاقة الكهربائية

على نفس المنوال يوجد عدد من المبادئ لزيادة الفعالية مثل:

1- الإسراع في عملية استكمال تركيب عدادات قياس القدرة غير الفعالة والحمل الأقصى لكبار المشتركين وأيضاً للمشتركين الذين تقل أحمالهم عن 500 ك.و. وذلك ضمن إطار المناقصات التي تطرحها هيئة القطاع العام لتوزيع القوى الكهربائية مع تحديد أقصى فترة لتركيب تلك العدادات خلال سنة على الأكثر.

2- استخدام العدادات التي تتلاءم مع الأخذ بنظام التعريفة المتعددة، خاصة بعد التقدم التكنولوجي الذي تم إحرازه في السنوات الأخيرة في صناعة الساعات، ويقترح البدء في تجربة ذلك في عدد من المدن للوقوف على الأداء الميداني لها، مع تطبيقها على الشركات الصناعية الكبرى لما يعود عليها من فوائد عديدة، فضلاً عما يحققه ذلك من نتائج إيجابية للاقتصاد القومي.

4-7: التقييم التعريفي

سبق أن ذكرنا أن التغيرات الكبيرة التي تطرأ على قطاع الكهرباء من حيث ظروف التشغيل والاستغلال والاستثمار من ناحية والتغيرات التي تطرأ على استخدامات الطاقة الكهربائية في بلد من البلاد كما سبق الإشارة لعدد من الدول المتباينة عالمياً من الجهة الأخرى. هذا الوضع يتطلب إعادة النظر في التعريفات المعمول بها وما هو قد يكون طرأ على الأوضاع الاستثمارية والادارية فيكون من الضروري إجراء دراسات جدوى مفصلة عن تكاليف إنتاج ونقل وتوزيع الطاقة الكهربائية على مختلف الجهود الكهربائية بهدف التوصل إلى وضع البنيان التعريفي المشتمل على أسعار محاسبة فئات مستخدمي الطاقة خلال الفترة التالية حتى عام 1980 بناء على بيان العوامل المؤثرة في البنيان التعريفي، وقد سبق أن استعرضنا هذه العوامل وهي عامة في كل البلاد بينما يكون الاختلاف بين بلد وآخر في درجة الأهمية لعامل أو أكثر من هذه العوامل نظراً للظروف الاقتصادية والفنية التي تنعكس في إنتاج الطاقة الكهربائية واستخداماتها وكذلك الظروف السياسية والإجتماعية السائدة في الفترة موضع البحث والدراسة، ونتناولها فيما يلي.

1- عناصر التوليد المائية الجديدة

إن عملية استكمال الشبكة الموحدة ودخول الطاقة المائية فيها بعد أن كان إستخدام الطاقة الكهربائية المنتجة من محطة خزان أسوان قاصراً على منطقة أسوان وحدها من شأنه أن يؤثر تأثيراً هاماً على متوسط تكلفة إنتاج الطاقة الكهربائية (خاصة وأن المحطات الكهربائية المائية منخفضة التكلفة إنشائياً) وبالتالي على البنيان التعريفي وأن كل هذا التأثير يتوقف على مدى الإستفادة من الطاقة الكبيرة المتاحة من المنطقة المائية.

2- زيادة رأس المال المستثمر

الزيادة الكبيرة في رأس المال المستثمر بمصر في المحطات والشبكات حتى 1980 هذا بالإضافة الى ما سبق ذكره من قبل فإن من شأن ذلك أن يؤثر مباشرة على الأعباء الثابتة بحيث يتوقف البنيان التعريفي على مدى الاستفادة من الطاقات المتاحة في الشبكة الموحدة حيث يتوقف ذلك على عدداً من النقاط هي:

أ) الاستغلال الكامل للقدرات المتاحة في المحطات المائية و يرتبط ذلك بما قد استجد للشبكة في أسوان بعد بناء السد العالي وكذلك محطة الكهرباء الخاصة به فنجد التأثير في محورين:

المحور الأول: امتلاء بحيرة ناصر و بلوغ ذلك المنسوب يمكن النظر إليه من زاويتين:

الزاوية الأولى: تحقق سلسلة من الفيضانات العالية و في هذه الحالة كان مفترضا بلوغ المنسوب اللازم في عام 1975 وليس قبل ذلك لكونه غير متوقع نظرا للطبيعة التاريخية السابقة والتي لا تتوافق مع هذه الزاوية.

الزاوية الثانية: تحقيق سلسلة من الفيضانات المنخفضة و في هذه الحالة فإن بلوغ ذلك المنسوب لن يكون إلا بعد عام 1980 نظريا وهو ما قد يكون أقرب إلى الواقع المتوقع فعلا ولكنه لم يحدث.

ب) تصرفات المياه من محطة كهرباء السد العالي وهي تتوقف على احتياجات الري من مياه بحيرة ناصر وذلك بدوره يتوقف على استكمال مشروعات استصلاح الأراضي التي سوف تستخدم مياه السد العالي والتوسع في المشروعات الزراعية القومية الكبرى مثل مشروع توشكى وكذلك شرق العوينات.

ج) تحقق الطلب على الطاقة الكهربائية والذي يعتمد أساسا على تنفيذ المشروعات الصناعية الكبرى المزمع إقامتها خلال السنوات التالية حيث أن توافر هذه العناصر كلها يؤثر إيجابيا مباشرا على تكلفة الوحدة (إنتاجا ونقلا وتوزيعا) فكل مرحلة من هذه المراحل تتحمل بالأعباء الثابتة والمتغيرة وبقدر ما تقل الأعباء الثابتة التي تتحمل بها تكلفة التغذية على كل جهد بقدر ما يتأثر البنيان التعريفي في نهاية الأمر وهو الذي لا بد وأن يتواكب مع معدل زيادة رأس المال المستثمر في هذا الميدان.

3- التوزيع النسبي لاستخدام الطاقة الكهربائية

مما سبق يتبين من التوزيع النسبي لاستخدامات الطاقة الكهربائية بين مختلف القطاعات كبر حجم الطاقة المطلوبة في الصناعة كقوى محركة أو كمادة أولية و كذلك في شئون الري والصرف كقوى محركة فقد بلغ حجم الطاقة المستخدمة في الصناعة والزراعة في العام 67 / 68 إلى مقدار 4325 مليون كيلووات ساعة بنسبة 75.5 % من جملة الطاقة المستهلكة في حين أن الطاقة المستهلكة في باقي الأغراض قد بلغ 1407 مليون كيلووات ساعة و بنسبة زيادة قدرها 24.5 % والمقدار لاستخدام الكهرباء في باقي مجالات الصناعة والزراعة (ري وصرف) في عام 1980 يرتفع إلى 14 354 مليون كيلووات ساعة بنسبة 83.2 % من جملة الطاقة المستهلكة منها 72.9 % للصناعة و 10.3 % للزراعة مقابل 2897 مليون كيلووات ساعة لباقي الأغراض بنسبة 16 , 8 %.

إن ارتفاع حجم الطاقة الكهربائية المستخدمة في الصناعة (خاصة في الصناعات الثقيلة) التي تغذى على الجهود الفائقة (7137 مليون كيلووات ساعة) يؤثر مباشرة وبفعالية على البنيان التعريفي (يمكن النظر في الجدول رقم 7-13 لهذا السعر الحالي على الجهود العالية)، خاصة إذا اتجهت الدولة إلى الأخذ بمبدأ الأساليب التفضيلية لهذه الصناعات حيث يكون سعر المحاسبة دون متوسط التكلفة على الجهد الذي تغذى عليه هذه الصناعات على نحو ما.

4 - الأسعار التفضيلية

أن متوسط أسعار التكلفة على جهود التغذية المختلفة يحدد الأساس الذي يستخدم في إقامة البنيان التعريفي في إطار السياسة التي ترى الدولة الأخذ بها ومن المفروض أن ألا تقل المحاسبة عن سعر التكلفة مضافا إليها العائد الذي يتعين على قطاع الكهرباء أن يحققه نتيجة لنشاطه ومن ثم قد يخسر قطاع الكهرباء في بعض الحالات ولكن لا يجب أن يحقق خسارة من جملة مبيعاته ولذلك نجد أن السعر التفضيلي هو الذي قد ترى الدولة منحه لبعض الاستخدامات (في مجال الصناعات الثقيلة أو لبعض الاستخدامات الأخرى بالنسبة لبعض فئات المستخدمين لأسباب إجتماعية) وهذا السعر المدعم يمنح عادة بعقود خاصة لبعض الصناعات الكبيرة، قد يكون لمدة زمنية معينة، والتي تعتبر الطاقة الكهربائية من العناصر الهامة في تكلفة إنتاجها والإيرادات التي ينتظر أن يحققها قطاع الكهرباء من جملة الإيرادات.

لهذا السبب يتضح أن أسلوب الأسعار التفضيلية يجب أن يتم في أضيق الحدود أي يكون الإنحراف عن التكلفة الحقيقية بسيطاً وبمصلحة إقتصادية محققة للمشروع الممنوح له السعر التفضيلي في إطار الموازنة بين هذه الأعباء التراكمية (التي تتحملها الميزانية العامة للدولة) وبين المصلحة العامة للإقتصاد القومي ككل. هذا ويتعين عند الأخذ بهذه الأسعار التفضيلية أن لا تؤدي هذه السياسة إلى عدم إظهار نتائج نشاط القطاعات المستخدمة للطاقة الكهربائية على حقيقته بأن يكون منح السعر التفضيلي على حساب قطاع الكهرباء لأن مؤدى ذلك هو تحميل قطاع الكهرباء بأعباء إعانة مستترة (كما سبق أن أوضحنا من قبل بالنسبة لبعض الصناعات) وهي الفرق بين السعر التفضيلي وسعر التكلفة. ينعكس ذلك على سائر أجزاء البنيان التعريفي أو يمثل عجزاً في إيرادات قطاع الكهرباء وأن لا يكون منح هذه الأسعار على حساب قطاع الكهرباء للأسباب التي سبق ذكرها. ذلك أن السياسة الإقتصادية السليمة هي تلك التي تكفل التوازن المالي لقطاع الكهرباء وعلى الدولة أن تمنح إعانة ظاهرة تساوي الفرق بين التكلفة وسعر المحاسبة التفضيلي حتى تبلغ فيه إقتصاديات المشروع الصناعي النضج الكافي.

جدول رقم 7-13 : التعريفة للمشتركين الكبار في مصر (السعر بالقرش لكل كيلو وات ساعة)

نوعية إستهلاك	السعر	نوعية الحمل	السعر
على الجهد الفائق	4.70	شركات صناعية (جهد عالي)	7.30
شركة كيما	6.80	استهلاك جهد متوسط ومنخفض	15.35
مشتركين آخرين	11.34	أكثر من 500 ك. و. جهد متوسط (ضمان أستهلاك شهري)	7.00
على الجهد العالي	10.70	اقل من 500 ك. و. متوسط ومنخفض (زراعية وأخرى)	18.00

لا تقتصر المعاملة التفضيلية على بعض الصناعات الثقيلة إذ قد ترى الدولة منح بعض فئات مستخدمي الطاقة في الإنارة والإستعمالات المنزلية وغيرها (الجدول رقم 7 – 14 يعرض الأسعار العادية للكهرباء في الاستخدامات المنزلية وهي الموحدة على مستوى الجمهورية في ذلك الوقت) وذلك لأسباب تقدرها الدولة وهو ما سبق أن أشرنا إليه بالقرار الجمهوري رقم 2094 لسنة 1969 من أن تتحمل الدولة الأعباء الإستثمارية الخاصة بكهربة الريف على إعتبار أنها خدمات بحيث لا تدخل هذه الأعباء في تكلفة توزيع الطاقة الكهربائية على جهد التوزيع وهذا يؤثر مباشرة على البنيان التعريفي مع ضرورة أن لا يحول دون حساب ما تتحمله الدولة من أعباء هي الفرق بين سعر التكلفة مشتملاً على الأعباء الثابتة والمتغيرة المترتبة على الإستثمارات وبين سعر التكلفة مجرداً منها.

5 - دورة رأس المال

يعد إستعادة رأس المال المستثمر بقطاع الكهرباء من الأمور الهامة في السياسة الإقتصادية للدولة لا يتوقف على الوتيرة التي يتم بها إستعادة رأس المال ، وذلك لتمكين الدولة من مواجهة الأعباء الإستثمارية المتنوعة التي تتحملها لتغطية كافة الإحتياجات المتزايدة لمختلف القطاعات الإنتاجية والخدمية بالدولة في عالم يزيد فيه الطلب على رؤوس الأموال اللازمة للإستثمار عن المتاح منها. رؤوس الأموال تزيد في هذا القطاع بمعدلات أسية مع الزمن حيث تتضاعف كل عشر سنوات أو في فترة قد تقل عن ذلك تبعاً لظروف كل بلد ة وهذا هو السبب في الإهتمام الذي توليه السلطات لتحديد سعر الفائدة على رأس المال المستثمر بحيث لا يخضع التقدير إلا لإعتبارات مالية وإقتصادية بحتة لما لسعر الفائدة من تأثير قوي سواء على البنيان التعريفي أو على فترة إستعادة لرأس

المال، وهذا هو المنظور الإقتصادي لرؤية أساسية لمعنى التسعي للطاقة الكهربية.جدول رقم 7-14: تعريفة الشرائح الشهرية المنزلية في مصر عام 1969 (ق/ك.و.س)

الشريحة (ك. و. س.)	السعر	الشريحة (ك. و. س.)	السعر
أقل من 50	5.0	من 351 - 650	15
من 51 - 200	8.3	من 651 - 1000	21
من 201 – 350	11	أكثر من 1000	25

6 – العائد المالي

يشير العائد إلى ضرورة تحقيق عائدا ماليا لقطاع الكهرباء فالقاعدة بالنسبة لكل منشأة صناعية أوتجارية أن تحقق عائدا يتم تحديده على أساس نسبة مئوية من صافي الأصول المستثمرة ويكون تحديد هذا العائد في القطاعات التي تخضع لرقابة الدولة بقرار من السلطات العامة ذلك أنه لا يكفي أن تقف السياسة المالية لقطاع الكهرباء عند حد مقابلة التكاليف بالإيرادات فتلك سياسة مالية وإقتصادية قاصرة عن تحقيق أهداف الإستغلال الإقتصادي السليم لذلك القطاع الحيوي والخطير الذي يتميز بكثافة عالية في رؤوس الأموال المستثمرة فيه وبالتوسعات المستمرة والتي تتطلب إستثمارات طائلة. للعائد مزايا مالية وإقتصادية لعل من أهمها تكوين إحتياطي بناء على سياسة التمويل الذاتي بنسبة مئوية من الإستثمارات السنوية تقدر في كثير من الدول التي أخذت بهذا النظام 30%. الأخذ بهذه السياسة لا يترتب عليها إلا تأثيرا طفيفا على تكلفة الوحدة من الطاقة إذا ما قورنت بفوائدها الكبيرة سواء بالنسبة لإقتصاديات قطاع الكهرباء أو للإقتصاد العام ككل للدولة.

7- الأعباء المالية المضافة

أن الأعباء التي تضاف إلى أسعار محاسبة مستخدمي الطاقة الكهربائية في الإنارة والإستعمالات المنزلية لا تمت بأية صلة إلى تكلفة إنتاج ونقل وتوزيع هذه الطاقة فهي أعباء تفرض بقرار من السلطات العامة ولكنها تؤثر على البنيان التعريفي تأثيرا غالبا ما يؤدي الى تقييد نمو الطلب على الطاقة الكهربائية وتطور استخدامها بشكل لا يتفق مع الأهداف المباشرة السياسية والاقتصادية التي تهدف إليها الدولة.كما جاء القرار الصادر من مجلس الوزراء في 7/5/ 1972 (على أن يعمل به ابتداء من 1/7/ 1972) بتخفيض أسعار الطاقة الكهربائية للإنارة والاستعمالات المنزلية في جميع أنحاء البلاد (بناءعلى الدراسات التحليلية عن مكونات الأسعار من تكلفة وأعباء)، متفقا والرأي القائل بوجوب تخفيض الأعباء التي ترد على أسعار الوحدة من الطاقة الكهربائية تخفيضا يتمشى والأهداف الاقتصادية والاجتماعية للدولة، بحيث تصبح هذه الأعباء 0.6 قرش عن كل كيلووات ساعة تستخدم في الاستعمالات المنزلية بدلا من قرش واحد (بالنسبة لأسعار البيع في مدينة القاهرة) وقياسا على ذلك بنسب تتفاوت والأعباء الواردة على الأسعار المعمول بها في التعريفات الأخرى.

إن القاعدة العامة واجبة الاتباع بالنسبة لهذه الأعباء عند وضع البنيان التعريفي يتمخض في ضرورة الالتزام بأضيق الحدود في تحميل الإنارة والاستعمالات المنزلية بأعباء ضرائبية على أن يتم ذلك في إطار دراسة شاملة ومتكاملة للسياسة الضرائبية بصفة عامة في الدولة على أن يؤخذ في الاعتبار ما قد يكون لهذه الأعباء التي قد ترد على أسعار المحاسبة عن وحدة الطاقة ما يتعارض مع الواقع وعلى أهمية استخدامات الطاقة الكهربائية وأثرها على التطور الاجتماعي والاقتصادي في مصر، وهي كلها تخضع للدراسات المالية المتخصصة بعيدا عن الدراسة الفنية والهندسية.

جدول رقم 7-15: تطور التعريفة الكهربائية للاستعمالات المختلفة [illegible]

[illegible]	تعريفة [illegible]	82.4.1	[illegible] 1982	[illegible] 1983	1983.7.1	1984	[illegible] 1986	[illegible] 1987
[illegible]								
شركة كيما	3,35	3,35	5,35	5,35	5,35	6,35	8,7	11,2
الألمونيوم	2,95	2,95	4,42	4,42	4,42	5,26	7,7	10,8
الخط الخاص	٠	٠	٠	٠	7,00	7,00	٠	٠
موحد	5,07٠	5,07٠	5,07٠	5,07٠	5,83	7,٠	9,6٠	13,4٠
أسمنت أسيوط	٠	٠	٠	٠	٠	٠	23,3	23,3
[illegible]								
الصناعة	6,46	6,46	6,46	6,46	7,43	8,92	12,0	17,1
الأسمنت	6,46	6,46	6,46	6,46	14,86	29,72	29,7	29,7
الزراعة	6,46	6,78	6,78	7,12	7,12	8,55	10,6	17,1
جهات حكومية	6,46	6,46	6,46	6,46	6,46	7,75	10,6	
[illegible]	9,00	9,90	9,90	10,89	10,89	13,06	17,9	22,6
[illegible]	متوسط [illegible] (شهريا)							
100	16,2	16,20	16,20	16,20	16,20	16,540	18,٠	18,٠
200-101	17,0	18,70	18,70	20,57	20,57	21,638	29,٠	20,٠
250-201	17,6	19,83	19,83	21,82	21,82	24,٠	36,-	38,-
500-251	18,٠	21,60	21,60	25,12	25,12	21,104	11,٠	26,٠
650-501	18,-	21,60	21,60	25,12	25,12	21,104	11,0	60,-
800-651	18,-	21,60	21,60	25,12	25,12	21,104	11,0	70,-
1000-801	18,-	21,60	21,60	25,12	25,12	21,104	11,0	80,-
2000-1001	18,-	21,60	21,60	25,12	25,12	21,104	11,0	100,
4000-2001	18,-	21,60	21,60	25,12	25,12	21,104	11,0	120,-
= 4م.و.س	18,-	21,60	21,60	25,10	25,12	21,104	11,0	140,-

كما يتضح أيضا أن هذا البنيان يرتبط بالسياسة التي سوف تسير عليها الدولة بالنسبة للأعباء التي قد ترى إضافتها الي أسعار بيع الطاقة الكهربائية المستخدمة في الإنارة والاستعمالات المنزلية، وقد اتضحت جزئيا معالم هذه السياسة في القرار الأخير بتخفيض أسعار بيع الطاقة لهذه الاستخدامات. وسوف تتضح هذه السياسة كاملة عند الانتهاء من وضع البنيان المتكامل لأسعار محاسبة باقي القطاعات الأخرى المستخدمة للكهرباء. إن تكامل البنيان التعريفي لن يتحقق إلا مع الأخذ بنظام الشرائح المرتبط بتوقيت ساعات الاستخدام ويمكن أن يكون تطبيق ذلك النظام وفقا لبرنامج زمني مراعاة للظروف التي قد تصاحب برامج التمويل.

سوف يتطلب اقامة البنيان التعريفي إعادة النظر في مكونات الشرائح الخاصة باستخدامات الطاقة الكهربائية في القوى المحركة على أساس تضمينها من الأعباء الثابتة والمتغيرة نظرا للتغيرات الكبيرة التي طرأت على هذين العنصرين نتيجة للتطورات العميقة التي لحقت بالاستثمارات وظروف التشغيل في قطاع الكهرباء. يضيف الجدول رقم 7-15 هذا المغزى حيث يوضح تطور التعريفة الكهربائية في مصر بالنسبة للاستخدامات الفعلية المختلفة من عام 1975 حتى عام 86/ 1987 وذلك بوحدات (مليم/ك.و.س) بالرغم من أن العملة المالية مليم قد ألغيت رسميا في الوقت الحاضر إلا أنها كانت رسمية في ذلك الوقت.

يبين الجدول أن التعامل مع شركة كيما (الصناعات الكيماوية) بأسوان تتعامل بشكل منفرد لأنها تستهلك طاقات هائلة على الجهد الفائق 500 ك.ف. بينما نظام الشرائح خصوصا مع الاستخدامات المنزلية وذلك عن الفترة الزمنية من عام 1982 وحتى 1987 وبالرغم من أنها فترة قصيرة إلا أنها مقارنة بالتعريفة التي تسبق هذا التاريخ ومن ثم من الممكن حساب نسبة الزيادة الفعلية سنويا أو عن المدة كلها ككل.

إن البنيان التعريفي سوف يتحدد شكله النهائي بما تقرره الدولة في شأن السعر المناسب للفائدة على صافي رأس المال المستثمر والعائد المفروض أن يحققه القطاع والهدف النهائي من هذا كله هو تحقيق التوازن المالي مع توفير الظروف الاقتصادية الملائمة للتطورات المستقبلة في قطاع الكهرباء مع ضمان توافر الأسعار التي تعوق التطور السليم للطلب على الطاقة الكهربائية في مصر ولذلك التطور لسعر الطاقة الكهربائية على كافة المستويات للاستخدامات المختلفة في الفترة من 1975 حتى 86/ 1987 قد تم جدولته في الجدول رقم 7- 15 وهو ما يوضح التفاصيل السابق الحديث عنها حيث يظهر معدل الزيادة في التعريفة في الجدول رقم 7 -16 وهي المستنتجة بالنسبة المئوية من قيمة التعريفة القديمة التي ظهرت في الجدول رقم 7-15.

7-5: الإجراءات الخدمية

يعتمد النمو المتواصل للطاقة في مجتمع ما على إتاحة مصادر الطاقة ومدى كفاءة استخدامها والهدف الأساسي لقطاع الكهرباء والطاقة في مصر هو توفير المصدر الآمن للكهرباء بأقل تكلفة لمختلف قطاعات الاقتصاد المصري مع تحسين الخدمة بصفة مستمرة وتطويرها ولذلك قام قطاع الكهرباء والطاقة مؤخرا بالتطورات المتتالية والمتتابعة التالية:

1- المحور التقني

قام القطاع تحت مظلة هذا المحور بتطوير بياناته وإمكانياته الفنية من خلال عدة خطوات نوجز أبرزها:

أ) المراقبة المستمرة وأجراء القياسات الدورية للتأكد من جودة الخدمة والالتزام بتطبيقها لكافة مستويات الخدمة للمشتركين

ب) إجراء مسح شامل لمراجعة وقياس مستوى الجودة الفنية للتيار واستقرار جهد التغذية لجميع المغذيات للمشتركين عند القيمة المقننة قياسيا.

ج) معالجة الانحراف عن المستويات المتفق عليها بالمواصفات القياسية لأي من القياسات الكهربائية.

د) تنفيذ برنامج الإحلال والتجديد بالشبكة مع الاهتمام بتدقيق برامج الصيانة والعمل على تقليل الأعطال من خلال الوقاية من ظهور أي أخطاء أو أعطال قبل حدوثها.

ب) تطوير الشبكات عموما وبصفة خاصة في المناطق العشوائية

جدول رقم 7-16: تطور معدل الزيادة في التعريفة الكهربائية للاستخدامات المختلفة (%)

القطاع والجهد	4/1 82	11/1 82	4/1 83	83/84	1984	85/86	5/1 87
أولا: الفائق							
شركة كيما	-	60	-	-	18 ,7	37	40
ألومنيوم (4 خطوط)	-	50	-	-	18 ,1	37	40
شركة سوميد	-	-	-	15	20 ,0	37	40
ثانيا: الجهد العالي							
الصناعة	-	-	5	15	20	37	40
الأسمدة	-	-	-	15	20	-	-
الزراعة	5	-	10	20	20	37	46
جهات حكومية	-	-		-	20	37	-
ثالثا: شركات الإسكان							
	10				20	37	26 ,2
رابعا: المتوسط و المنخفض (المنزلية وما في حكمها)							
100ك.و.س فأقل	-	-	-	-	2, 1	8 ,80	-
101- 200 ك.و.س	10 ,0	-	10	-	10 ,-	18,15	3, 4
201- 250ك.و.س	12 ,7	-	10	-	10 ,-	50	5, 6
251- 500ك.و.س	20, -	-	20	-	20 ,-	1 ,46	1, 6
501- 650ك.و.س	20 ,0	-	20	-	20 ,0	57, 50	22 ,5
651- 800ك.و.س	20 ,0	-	20	-	20 ,0	57, 50	42 ,1
801- 1000ك.و.س	20 ,0	-	20	-	20 ,0	57, 50	63 ,3
1001- 2000ك.و.س	20 ,0	-	20	-	20 ,0	57, 50	101 ,1
2001- 4000ك.و.س	20 ,0	-	20	-	20 ,0	57, 50	111 ,1
أكثر من 4000 ك.و.س	20 ,0	-	20	-	20 ,0	57, 50	185 ,7

2 – المحور الجماهيري

إحداث تقدم ملموس في معاملة المواطنين والارتقاء بمستوى الخدمات المقدمة لهم ومسايرة التطور التكنولوجي في تقديم هذه الخدمات وهو ما يمكن أن يتم للمواطنين من خلال:

أ)إدخال نظام آلي لخدمة المشتركين عند طلب تنفيذ المقايسات والتعاقد على العدادات مع بساطة تركيب وصيانة المكثفات لإدارة الطلب على الطاقة ويمكن تطويره بشبكات الإنترنت.

ب) حماية المستهلكين وضمان توفير الطاقة الكهربائية لهم بمستوى الجودة والسعر المناسب بإنشاء جهاز تنظيم مرفق الكهرباء من الهيكل الحكومي إلى شركات تنافسية لتأدية الخدمة للمواطنين بأحسن جودة ممكنة بتكلفة اقتصادية مع الحفاظ على بيئة نظيفة.

ج) توفير الوسيلة الإلكترونية للرد على استفسارات المواطنين من خلال أجهزة الحاسب الآلي بجانب توفير كافة المعلومات اللازمة للمواطنين عن الخدمات المقدمة لهم وبصفة خاصة كبار المشتركين على شبكة الإنترنت إضافة إلى تقديم الخدمات الاستشارية للمواطنين في مجال توصيل التيار الكهربائي وصيانة مهماتهم الكهربائية وتنظيم أحمالهم الكهربائية.

د) تطوير أداء العاملين بالمراقبات بما يعود على راحة المواطنين.

هـ) التوسع في استخدام العدادات الإلكترونية ونظام قراءة العداد عن بعد مع صيانة العدادات الموجودة فعلا بصفة مستمرة.

و) استحداث وسيلة تحصيل قيمة فواتير التيار خصما من الحسابات الجارية بالبنوك لكبار المشتركين تيسيرا على المواطنين أو من خلال نظم الأنترنت أو أية وسائل حديثة متطورة أخرى.

من الناحية الأخرى ولمواكبة التزايد المستمر في عدد المستهلكين للطاقة الكهربية تعمل شركات بيع الكهرباء في مصر على تقديم أفضل خدمة للمواطنين في أسرع وقت من خلال :

1- إنشاء منافذ جديدة للخدمة ونشرها جغرافيا عند تواجد الكثافة العالية للمشتركين تخفيفا عليهم من عبء الإنتظار لأداء الخدمة.

2- تطوير منافذ الخدمة الحالية وتزويدها بوسائل التكنولوجيا الحديثة

3- ربط الإدارات التجارية والفنية بواسطة الحاسب الآلي تبسيطا للإجراءات.

4- توفير الكوادر الفنية والإدارية المتخصصة مع الاهتمام برفع مستوى كفاءتها بالتدريب المستمر.

5- إستكمال إنشاء مراكز خدمة فرعية بمجالس القرى على مستوى المحافظات مجهزة بالفنيين والمعدات والتليفون للتيسير على سكان القرى في الإبلاغ عن الأعطال وإصلاحها فورا.

6- ضمان حصول المواطنين على الخدمة المطلوبة بسهولة ويسر وذلك بناء على تبسيط إجراءات توصيل التيار الكهربائي وتركيب العدادات وغيرها من الخدمات التي يطلبها المواطنين وذلك من خلال:

أ) نموذج طلب الحصول على الخدمة من المراقبات والفروع والهندسات المنتشرة بجميع الأنحاء.

ب) وضع لوحة مستندية ثابتة ومختصرة لأداء الخدمة للمواطنين وميكنتها بل وجعلها إلكترونية الطابع.

ج) التوسع في استخدام كافة الوسائل الإرشادية عن لوحات ونشرات وخلافه لإرشاد المواطنين عن كيفية الحصول على الخدمة وإجراءاتها والمستندات والرسوم المطلوبة نظير أداء كل خدمة.

د)استطلاع رأى المواطنين في الخدمة المقدمة لهم و الإهتمام بمقترحاتهم والعمل على تحقيقها.

هـ) استحداث إدارة خدمة العملاء لبحث شكاوى المواطنين وحلها فوريا.

الكهرباء فى المدن الكبرى

ELECTRICITY IN BIG CITIES

تعتبر منظومة التوزيع كمرحلة أخيرة في الشبكة الموحدة لتوصيل الكهرباء إلى المستهلكين وقد وجد أن هذه المنظومة تؤثر على كل من شركات التوزيع و المستهلكين على حد ســـواء، لذلك يراعى عند تصميم تلك المنظومة عدة عوامل اقتصادية وتقنية أساسية كما سبق الحديث في الفصل السابق وكما هو معروف فأن مراحل الشبكة الكهربية هي التـــوليد Generation والنقل Transmission والتوزيع Distribution وعموما المدن الكبرى تعني تلك المدن التي تستهلك من الطاقات الكهربية كميات هائلة وضخمة والتي نتعامل معها بدقة بالغة ففي مصر نجد القاهرة الكبرى والإسكندرية كأكبر مدن الدولة ولكننا نجد أيضا في المدن الجديدة الكبرى من جهة الإستهلاك الكهربي مثل مدينة العاشر من رمضان والسادس من أكتوبر وهكذا، وهذه أو تلك تحتاج إلى بعض الأسس الأولية للتعامل معها سواء من ناحية التصميم الكهربي للشبكات فيها أو من جهة تشغيل هذه الشبكات، ولذلك نستعرض موضوع الشبكات الكهربية في المدن الكبرى بشكل مبسط في السطور التالية، ونتعامل مع النظم الكهربائية في المدن عموما وفي المدن الكبرى على وجه الخصوص في عدد من الموضوعات الرئيسية نوجزها في البنود القادمة.

8-1: النظم الكهربية Electrical Systems

تحتوي النظم الكهربية على جميع المعدات الكهربية اللازمة لإمداد المستهلكين بالطاقة الكهربية وتحتوي على ثلاثة عناصر رئيسية تشمل التوليد ثم النقل وأخيرا التوزيع ولكل منها مقننات ومواصفات قياسية يجب التعامل معها من خلال المواصفات التي تدخل في تصميم الشبكات الكهربية في المدن الكبرى والنظم المستخدمة في تصميم الشبكة الكهربية بجانب العديد من التعريفات الهامة وهو ما يتناوله الفصل الحالي.

أولا: مقننات شبكات التوزيع في المدن الكبيرة

(مرحلة التوليد Generation) تتم اعتمادا على محطات توليد حرارية أو حرارية أو نووية أو مائية تبعا لنوعية الوقود المستخدم للحصول على الطاقة الحرارية والتي يتم تحويلها إلى طاقة كهربية من خلال هذه المحطات ويتم التوليد على جهود منخفضة (11 إلى 13 ك.ف) وذلك لمشاكل العزل في المولدات (Generators) ويتم رفع الجهد إلى قيمة أعلى (220 إلى 500 ك.ف) بواسطة محولات الرفع (Step up Transformers) ويلاحظ أنه يتم وضع محطات التوليد على أطراف المدن. وأخيرا مرحلة النقل (*Transmission*) حيث يتم

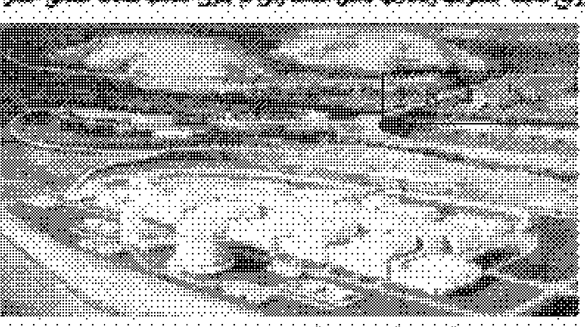
النقل بواسطة خطوط نقل هوائية أو كابلات أرضية وتختلف أنواع خطوط النقل Transmission Lines بحسب المسافات أو الجهود ومدرج مواصفاتها في الجدول رقم 8-1.

جدول رقم 8-1 : مقننات خطوط النقل

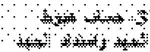
نوع الخط	طول الخط - كم	الجهد (ك.ف)
قصير Short	أقل من 50	أقل من 20
متوسط Medium	50 إلى 150	من 20 إلى 100
طويل Long	أكبر من 150	أكبر من 100

أما مرحلة التوزيع وهي الأخيرة حيث تعتمد على استقبال الطاقة الكهربية من خلال محولات قدرة خافضة للجهد (Step down transformers) لكل الجهود التي تصل إلى جهود المدن الكبرى سواء للجهد العالي بمحطات داخلية (Indoor) كما يبينه الصورة في الشكل رقم 8-1 أو الجهود المتوسطة (11 و 22 و 33 ك.ف) أو الجهود المنخفضة (110 و 220 و 380 ف). ومن هنا نجد أنه من الضروري عند القيام بتصميم شبكة توزيع أيا كان نوعها صناعية أو تجارية أو سكنية فهناك عدة خطوات يجب إتباعها ولذلك يلزم وضع عدد من القواعد سنحاول أهمها في السطور التالية.

1- توضيح أماكن الأحمال الكبيرة على الرسم التخطيطي للمصنع plane of the factory أو الموقع عالي الأحمال وعادة ما يكون هذه المصانع ذات نمط مرتب ومنتظم. كما يعرض الشكل رقم 8-2 لقطة علوية لموقع صناعي صحيحا يمكن توزيع الشبكة بخطوطها وكابلاتها بشكل مبسط ومن ثم يكون أساسيا حساب إجمالي الحمل الكلي بالتقريب لكلا من القدرة الفعالة (ك.و) والقدرة المركبة (ك.ف.أ).



2- تقدير الأحمال المختلفة مثل الإضاءة والتكييف وغيرها وذلك عن طريق البيانات المتوفرة أو من التقديرات الفنية القياسية.



3- حساب هبوط الجهد وامتداد الجهد عند النقاط الحرجة ونهايات الكابلات خاصة الطويلة منها بشبكة التوزيع.

4- التأكد من أن إجراءات الأمان الفنية كافية تماما في جميع أنحاء الشبكة الداخلية.

5- تحديد مواصفات الأجهزة والمعدات الخاصة بالشبكة وإرفاق رسم خطي مفرد للشبكة كجزء من المواصفات مع التصميم ثم يحدث بعد التنفيذ ويصدر عندئذ رسم خطي طبقا للتنفيذ الفعلي ويسمى **As built** وذلك لأنه غالبا ما يتعرض التنفيذ لمشكلات تتعارض مع الرسم الخطي الخاص بالتنفيذ ومن هنا يظهر الإختلاف مما يستوجب إصدار هذا الرسم النهائي مكملا للتصميم بل ويصبح جزءا لا يتجزأ من التصميم الأساسي.

6- مراعاة مرونة الشبكة أي يجب الأخذ في الإعتبار التوسعات المتوقعة في المستقبل بأقل تكلفة وبدون إنقطاع للتيار ، ويمكن تحقيق مرونة عالية باستخدام عدد من محطات تحويل فرعية موضوعة عند مراكز الأحمال (بقدر المستطاع) وكذلك باستخدام نظام القضبان السلكية **(bus ways)**

7- حساب أقصى طلب للطاقة مع تحديد منحنيات الأحمال وتوزيعها علي كافة المواقع داخل المدينة

8- دراسة الأحمال الخاصة في الطابع مثل بدء المحركات الكبيرة وتشغيل الأفران الكهربية أو اللحامات القوسية كصناعة ثقيلة والأحمال التي يجب تشغيلها أيا كانت الظروف والأحمال ذات دورات التشغيل الخاصة

9- إختيار أنسب نظام يتفق واحتياجات الموقع سواء كان صناعي أو تجاري أم خدمي مع الأخذ في الإعتبار التكاليف. تكلفة نظام التوزيع بالنسبة للمصانع ليس العامل الفاصل في تحديد نظام التوزيع حيث أن ثمن التوزيع يمثل ما بين 2 و 10 % من الثمن الكلي للمصنع علي سبيل المثال وبالمثل بالنسبة للمواقع الأخرى.

جدول رقم 8-2 : أهم نظم التوزيع الكهربي في المدن الكبرى

م	مسمي النظام	م	مسمي النظام
1	نظام نصف قطرى تقليدى بسيط *conventional simple radial*	6	نظام نصف قطرى إنتقائي ثانوى *secondary-selective radial*
2	نظام قطرى حديث بسيط (modern simple radial)	7	نظام نصف قطرى إنتقائي ثانوى معدل *modified secondary-selective radial*
3	نظام نصف قطرى حديث معدل بسيط modified modern simple radial	8	نظام شبكي موضعي بسيط simple spot network
4	نظام نصف قطرى حلقي أولي loop-primary radial	9	نظام شبكي ثانوى بسيط simple secondary network
5	نظام نصف قطرى انتقائي أولي primary-selective radial	10	نظام شبكي انتقائي أولي -primary selective secondary network

10- تحضير رسم تخطيطي مبدئي مفرد للنظام (***single-line diagram***) يتناسب مع نوعية التشغيل المطلوبة خصوصا وأن المدن الكبرى ذات الأحمال الكهربية العالية تعني وجود كثافة عالية للأحمال الصناعية القياسية

11- تحديد جميع المعلومات الهامة والضرورية مثل:

أ) مقننات جهود التغذية

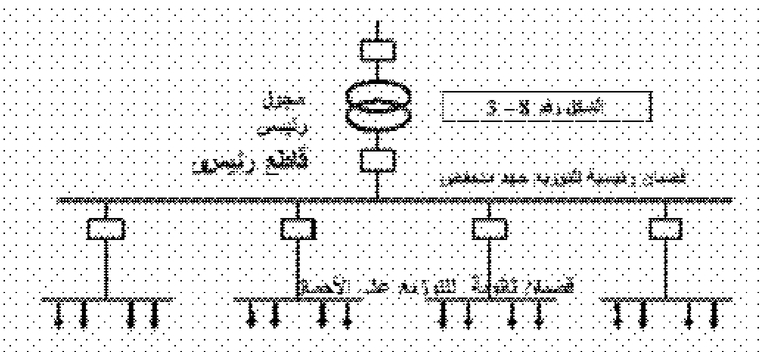
ب) التأريض المناسب لكل موقع

ج) حساب تيار القصر المقدر للقواطع عند نقطة التغذية (الحالي والمتوقع مستقبلا- إن أمكن) والتأكد من أن جميع القواطع في الشبكة تتحمل هذا التيار تحت أسوأ الظروف كما يلزم أن تتبعها دراسة انتقائية لأجهزة الوقاية المختلفة التي يحتاجها التصميم تبعا لما سبق شرحه في هذا الصدد

د) تحديد عما إذا كانت هناك تعريفة مخفضة للطاقة في غير أوقات الذروة بجانب أي متطلبات خاصة بالنسبة للقدرة ومعامل القدرة وما قد تؤثر على ثمن الطاقة وقيمة الغرامة المالية على معامل القدرة.

هـ) تحديد درجة أهمية الأحمال مع ضرورة تركيب محطة توليد محلية كمنبع قدرة بديل (standby) والأحمال التي يجب أن تغذيها في حالة انقطاع المنبع الرئيسي للقدرة وقد تختلف هذه الأحمال باختلاف السلعة التي ينتجها المصنع أو تبعا لنوعية الحمل في الموقع عموما. ففي حالة مصانع الزجاج والسكر والصلب والأدوية والمطاط والورق والكيماويات وبعض الصناعات الأخرى يؤدي إنقطاع التيار ليس فقط إلى خسارة كبيرة في الإنتاج بل إلى مشاكل كبيرة في إستئناف إدارة المصنع مرة أخرى.

و) في المنشآت التي تستخدم أجهزة تشغيل البيانات (*data processing*) يجب دراسة مدى تأثير انقطاع القدرة على كفاءة استخدام هذه الأجهزة (أي مدى استغلالها من حيث الزمن) وإذا لزم الأمر تأمين المنبع البديل الطارىء الخاص بهذه الأجهزة والمعروف باسم منبع غير قابل للقطع (*uninterruptible power supply (UPS)*



الشكل رقم 8 – 3

ثانيا: نظم التوزيع الكهربي

تتنوع النظم الكهربية في المدن الكبرى على نطاق واسع ومن أهمها تلك المجدولة في الجدول رقم 8-2 غير أن الشرح المستفيض يستهلك الحيز الخاص بهذا الفصل ومن ثم نطرح عرضا لأهم النظم المجدولة وأكثرها شيوعا.

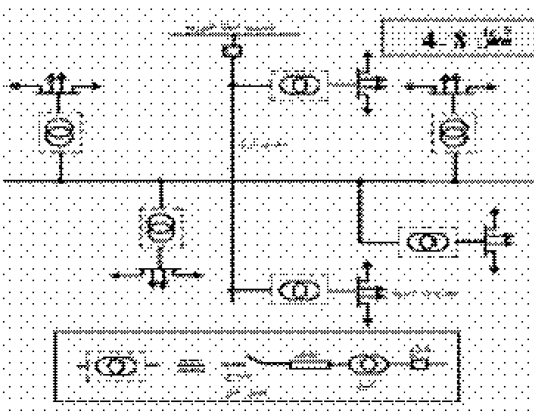
1- نظام محوري تقليدي بسيط conventional simple radial

يعرض الشكل رقم 8- 3 النظام التقليدي البسيط حيث يتم التوزيع على جهد التوزيع الثانوي (أي جهد الإنتفاع) بواسطة عدة مغذيات ثانوية تصل عن طريق قواطع بين قضيب التوزيع الرئيسي وقضبان الأحمال ، ولما كانت جميع الأحمال مغذاة من مصدر واحد فيمكن الإستفادة من عامل التباين لهذه الأحمال وذلك للتقليل من سعة المحول ونظرا لانخفاض جهد التوزيع مما يصبح معه تنظيم الجهد وضبطه بجانب كفاءة التشغيل قليلي المستوى (غير فعالة). إذا كانت المغذيات طويلة وتخطى الطلب الأقصى عن 1000 ك.ف.أ. يجعل ابقاء الهبوط في الجهد داخل

الحدود القياسية المسموح بها فقد تكلفة في عن فلا من المعدات والعوائق الخاصة بها. كما نضيف أنه عند حدوث خطأ في المحول الفرعي أو عند فصل المغذي الرئيسي لهذا النظام تنقطع الخدمة عن جميع الأحمال هنا تتعطل الاستمرارية (الاعتمادية)، وفي حالة حدوث خطأ على مغذي ثانوي تنقطع الخدمة عن الأحمال الموصلة به وفي الحالتين لا تتم إعادة تغذية الأحمال المتضررة إلا بعد إصلاح الأعطال بضعف مستوى التصميم من هذا الطراز.

2- نظام قطري حديث بسيط modern simple radial

يختلف هذا النظام القطري البسيط (شكل رقم 8-4) عن النظام التقليدي في أن توزيع القدرة يتم على الجهد الأولي ويخفض هذا الجهد إلى جهد الاستخدام بواسطة محولات توزيع قريبة ما يمكن من مراكز الأحمال النهائية حتى ذلك بعد أنه يتم أثناء تصنيع المكونات الحديثة جمع المحول والمفاتيح وأجهزة الحماية المناسبة في وحدة واحدة بحيث تكون محطة فرعية متكاملة (packaged substation) ويتميز هذا النظام عن ذلك التقليدي بكفاءة أعلى وبتنظيم جهد أجود ويوفر كبير في ثمن المعدات والحفاظ على عدم ظهور ظاهرة هبوط الجهد في نهاية المغذيات الطويلة. ولكن عيوب هذا النظام تتمثل في عدم المرونة وعدم استمرارية الخدمة ، فإذا ما حدث خطأ على الموزع الأولي فسوف يؤدي إلى انقطاع الخدمة عن جميع الأحمال إلى حين تحديد العيب وإصلاح الخطأ كما تنقطع الخدمة أيضا عند القيام بصيانة القاطع الرئيسي لأنه يعتبر نقطة ضعف. عند استخدام هذا النظام على نطاق واسع يمكن تحسين استمرارية الخدمة عن طريق الربط بين المغذيات الأولية المتجاورة بواسطة المفاتيح التي تعمل آليا أو يدويا حسب الأحوال. يجب توفير عدة مفاتيح فصل على طول المغذي الأولي وذلك لإمكان عزل أي جزء منه عند حدوث خطأ ، كما أنه يجب الأخذ في الاعتبار تلك الأحمال الزائدة التي قد يغذيها عن طريق الربط بحيث لا يتعدى سعته الحرارية ولا الحدود المسموح بها لهبوط الجهد تبعا لزيادة طول المغذي في حالات الطوارئ.



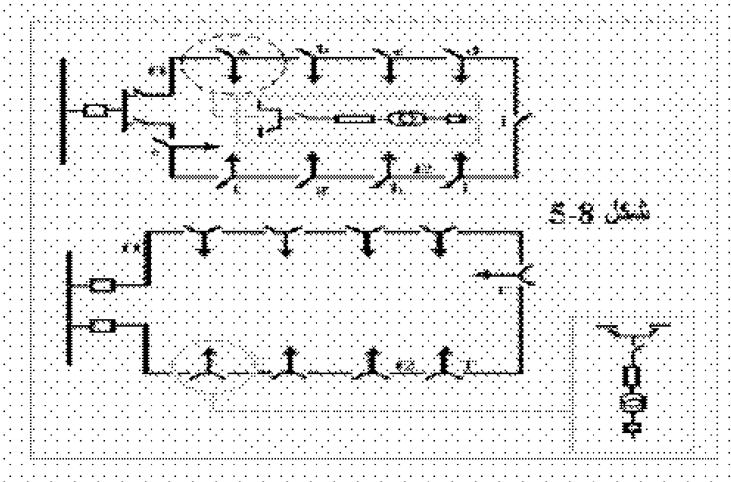
شكل 8-4

3- نظام محوري حلقي رئيسي loop-primary radial

يتم تغذية الأحمال هنا بواسطة مغذي أولي على شكل حلقة مقسمة إلى نصفين بواسطة مفتاح ربط يظل مفتوحا تحت ظروف التشغيل الطبيعية (شكل8-5) وهذا النظام يشبه النظام القطري الحديث من حيث الأداء ولكنه يتميز عنه في الاقتصادية (استمرارية الخدمة).

كما يمكن كما في الشكل استخدام قاطعين رئيسيين ومفتاحي فصل حمل عند كل محول توزيع فعند حدوث خطأ على المغذي الأولي تنفصل نصف الدائرة فقط عن طريق فتح القاطع الرئيسي التابع للمغذي الأولي الذي به الخطأ وتنقطع

الخدمة عن بعض الأحمال تقريبا ويتم عزل القطاع الواقع فيه العطل تعود التغذية إلى جميع المحولات . من ناحية أخرى نرى من الرسم أن أسوأ موقع للعطل في كلا النظامين هو عند [illegible] في القطاع الواقع بين المنبع وأول محول توزيع حيث يتم تغذية جميع المحولات من ناحية واحدة وبذلك يجب تصميم الموزع الأولي بحيث يتحمل جميع الأحمال التي تغذيها الدائرة وبحيث يكون تنظيم الجهد عند أول محول وعند آخر محول في المستوى المسموح به. وعلى الرغم من أن النظام الحلقي أفضل من النظام الشعاعي البسيط من حيث استمرارية الخدمة إلا أن حدوث عطلا أوليا دائما يتسبب في فصل إما جميع الأحمال أو بعضها إلى حين تحديد موقعه ومكان العطل ثم التخلص منه أو عزله.

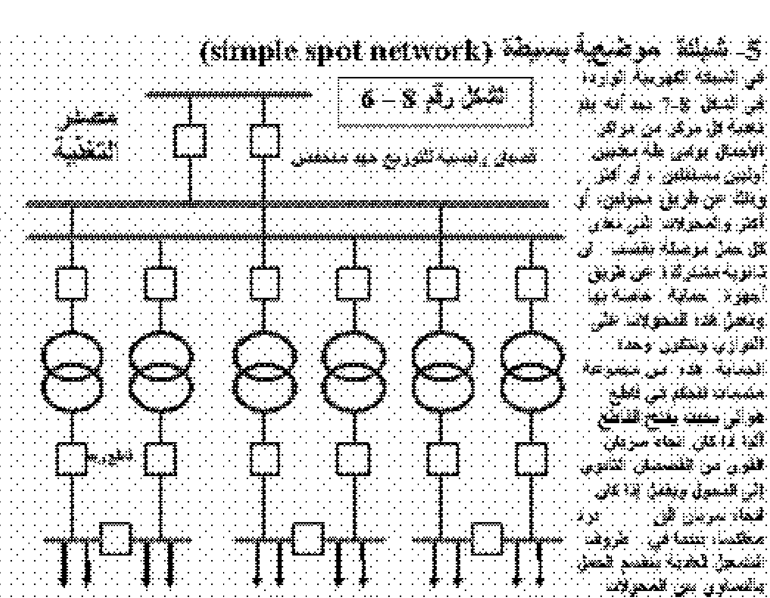


شكل 8-5

4- نظام محوري إنتقائي ثانوى secondary-selective radial

يستخدم في هذه المنظومة محولا واحدا عند كل مركز من مراكز الأحمال كما جاء في الشكل رقم 8- 6 بدلا من محولين كما في النظام السابق ذكره ولكننا نلاحظ أن مجموع سعة المحولات في النظام المعدل (الحالي في الشكل رقم 8- 6) مساو لمجموع سعة المحولات في النظام السابق إلا أن مجموع ثمن المحولات عالية القدرة أقل من مجموع ثمن المحولات صغيرة السعة وبذلك فإن التكلفة الأولية (الثابتة) لهذا النظام أقل من النظام السابق. ويتم ربط كل زوج من الوصلات الثانوية بعضها ببعض بواسطة كابل وقاطع ربط عند كل قضيب وتظل قواطع الربط مفتوحة تحت ظروف التشغيل العادية، ولا يمكن قفل قاطع الربط إلا إذا كان أي قاطع من قواطع المحولين مفتوحا كما نشير إلى أن خصائص هذه المنظومة الحالية لا تختلف عن النظام السابق (الشكل رقم 8-5)، وهذا يرفع من قيمة معامل الإعتمادية لتغذية الأحمال.

5- شبكة موضعية بسيطة (simple spot network)



الشكل رقم 8 – 6

في الشبكة الكهربية الواردة في الشكل 8-7 نجد أنه يتم تغذية كل مركز من مراكز الأحمال بواسطة مغذيين أوليين مستقلين ، أو أكثر ، وذلك عن طريق محولين، أو أكثر والمحولات التي تغذي كل حمل موصلة بقضبان ثانوية مشتركة عن طريق أجهزة حماية خاصة بها وتعمل هذه المحولات على التوازي وتتكون وحدة الحماية هذه من مجموعة مصممات للتحكم في قاطع هوائي بحيث يفتح القاطع آليا إذا كان اتجاه سريان القوى من القضبان الثانوي إلى المحول ويغلق إذا كان اتجاه سريان القوى معاكسا، بينما في ظروف التشغيل العادية ينقسم الحمل بالتساوي بين المحولات.

هذا النظام قد تم إشاعة في المحطات الكهربية ذات الأحمال العالية ومرتفعة المستوى للتيار الأقصى حيث يساعد ذلك على تقليل قيمة تيار القصر إلى النصف نظرا لأن كل جزء منفصلا عن الآخر.

يمتاز هذا النظام باستمرارية الخدمة فعند حدوث قصر على مغذي أولي أو محول تقوم وحدة التحكم الآلي التابعة لهما بعزل الخطأ عن القضيب الثانوي بدون انقطاع التغذية عن الأحمال الموصلة به فيتم تغذيتها من المحول أو المحولات الأخرى. وفي حالة استخدام محولين ومغذيين فقط لكل قضيبين ثانويين يجب أن تكون سعة كل محول وكل مغذي أولي كافية لتغذية جميع الأحمال الموصلة بالقضبان .

ثالثا: معاملات تفاضلية لمنظومة التوزيع

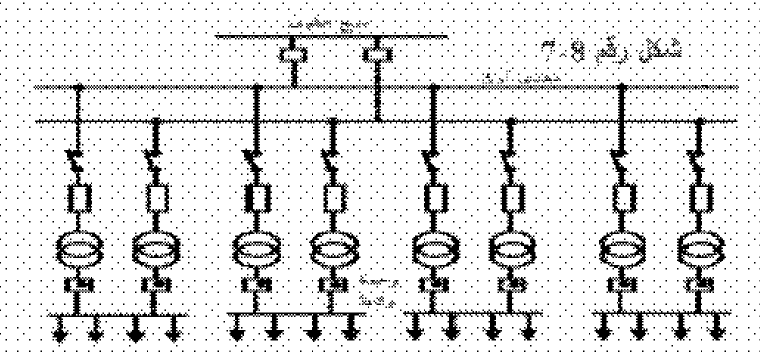
عادة يفضل إستخدام هذا النظام الأخير عندما تكون كل مجموعة من الأحمال مركزة داخل منطقة صغيرة المساحة وتبعد عن المجموعات الأخرى بمسافات كبيرة وهو ما قد يناسب الشبكات الكهربية في المدن الكبير. هذا التحديد السابق لاختيار المنظومة الجيدة من الناحية الفنية إلا أن التصميم لا يعتمد فقط على الناحية الفنية منفردة بل يتداخل مع التكلفة وعناصر أخرى نضعها مركزة في البنود التالية؛

1- التكلفة الإقتصادية

تتنوع هذه التكلفة في نوعين هما:

أ) التكلفة الثابتة

بالرغم من أن التكلفة الأولية (القديمة) هي من العوامل الهامة جدا التي يمكن على أساسها اختيار نظام التوزيع إلا أنه يجب عدم إغفال الخصائص الأخرى. ولا يجب أن يتم اختيار نظام التوزيع الأرخص ثمنا بدون الأخذ في الإعتبار الخصائص الأخرى حتى لا يتضح عند التشغيل أن هذا النظام ليس هو الأمثل ولا يصبح هو الأرخص وذلك من خلال التكلفة المتغيرة.



شكل رقم 8-7

ب) تكاليف التشغيل والصيانة (التكلفة المتغيرة)

تعتمد هذه التكاليف على طبيعة وكمية المعدات المكونة للنظام وإمكانية التفتيش والإختبار وصيانة هذه المعدات وتلافي انقطاع الخدمة كلما أمكن والمحافظة على كفاءة الأداء طوال الوقت.

2- معاملات فنية

تنحصر أهمها فيما يلي:

أ) الإعتمادية

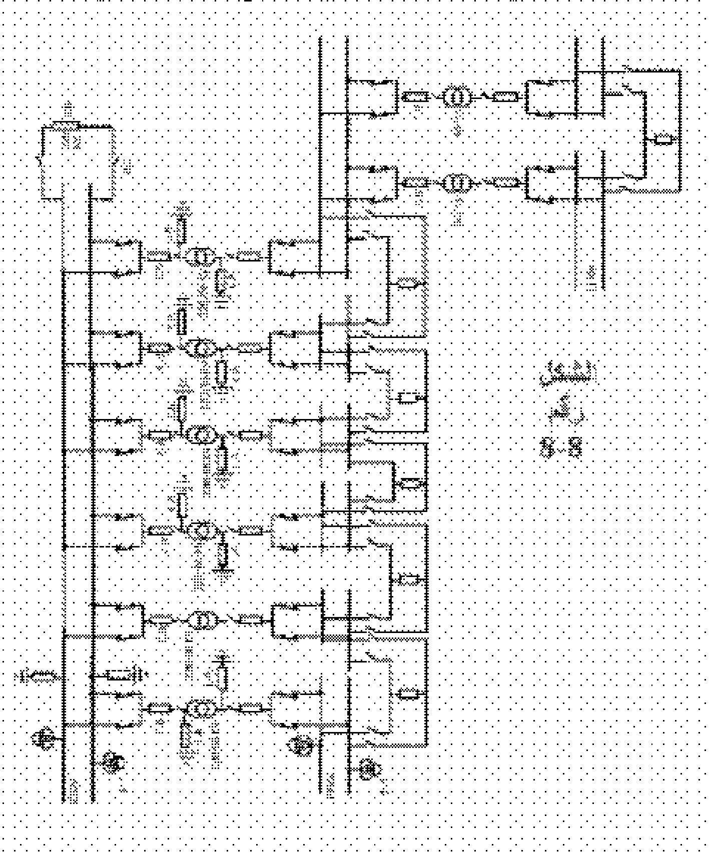
إنها تقاس بكمية الأحمال التي تفصل عند حدوث خطأ عند مواقع مختلفة في شبكة التوزيع مع الأخذ في الإعتبار احتمالات حدوث الأخطاء عند هذه المواقع كما أن إعادة التغذية تلقائيا تعتبر من العناصر المؤثرة في هذه الحسابات.

ب) الكفـــــاءة

إنها الكفاءة الكلية للنظام بداية من منابع توليد الطاقة منتهية عند نقاط الإنتفاع الفعلية وذلك تحت ظروف التحميل الخفيف والتحميل الأقصى وفي جميع الظروف وفي أي وقت تبعا للتغير اليومي في منحنى الأحمال.

ج) المـرونة

تعبر المرونة عن قياس مدى استطاعة النظام لتكييف التغيرات في الأحمال بأقل انقطاع للخدمة كلما أمكن وبأقل تكلفة وعلى مستوى خدمة عالي الجودة، وهذا المعامل ضروري للتعامل مع الوحدات الحرارية في محطات التوليد



الشكل رقم 8-8

د) تنظيم الجهد

يتغير الجهد مع التغير في الأحمال وامتداد الجهد عند المخارج المختلفة في الشبكة بأكملها ولذلك نحتاج إلي الضبط المستمر عند حدوث أي تغيير وهو ما يتم عادة من خلال منظمات الجهد علي المحولات المغذية للأحمال، مع الأخذ في الإعتبار التغير في الجهد الناتج عن التوصيل المفاجيء لبعض الأحمال أو خروج أحمال كبيرة من الخدمة. عند اختيار أفضل نظام توزيع لتغذية مجموعة معينة من الأحمال يجب تحديد درجة أهمية كل خاصية من هذه الخصائص بالنسبة لنوعية الأحمال ودرجة أهميتها.

رابعا: التأريض

يستخدم نظام التأريض في أنظمة التوزيع في المدن عموما لتحقيق هدفين هما :

1- إنشاء مسار لتفريغ التيار مستقر وثابت في حالة وجود خطأ في الشبكة

2- حماية المستهلك والأفراد والعاملين المتخصصين من التعرض لصدمة كهربية أو التكهرب الخطر

3- حماية المعدات والأجهزة العاملة بالشبكة ضد أخطار التيار (زيادة أو حمل زائد عن المقنن) والجهد الكهربي (ارتفاع أو هبوط)

8-2: أجزاء الشبكات في المدن الكبرى

أجزاء الشبكة الكهربية لا تختلف في مكان عن آخر ولا تختلف في مدينة كبرى عن غيرها كبرى أو صغيرة وتنحصر أجزاء الشبكة في المدن عموما في محطات المحولات الفرعية Substations والكابلات Cables ونهايات الكابلات وأطراف التوزيع ومحولات التوزيع علي الجهدين المتوسط والمنخفض والأجهزة المضافة سواء لحماية المعدات مثل أجهزة الوقاية أو لأمان الأفراد مثل التأريض اللازم في كل موقع كهربي وهنا نختصر التنوية عنها لكل ما يعني أهمية بالنسبة للشبكة في المدن الكبيرة.

1- محطات المحولات الفرعية

يقصد بمحطات المحولات الفرعية تلك محطات المحولات عند أطراف المدن الكبري وبداخلها في كثير من الأحيان بعد التزايد والزحف العمراني المعاصر وتقوم هذه المحطات بتخفيض الجهد من جهد النقل العالي والفائق (500-220 ك. ف) إلى جهود التوزيع حسب طبيعة الأحمال (66-33-22-11 ك. ف) طبقا للتعاقدات الموجودة فعلا أو تلك المستقبلية تبعا لأسلوب التخطيط القومي أو الذاتي للشبكة الموحدة ، كما يتم تحديد موقعها اعتمادا على مستوى الجهد المستخدم وتكلفة كل من شبكة الربط ومحطة المحولات ومغذيات التوزيع علي الجهد المتوسط كما هو وارد في الشكل رقم 8-8.

جدير بالذكر أن المدن الرياضية أو الملاعب الرياضية الدولية أو المحلية تقع دائما في المدن الكبرى وهو ما يحتاج إلي أعمال الشبكات الكهربية المستقلة داخل المدن، ولا يعني بالمستقلة أنها شبكة كهربية مستقلة ولكن المراد هو أن يكون لها من المحولات الخاصة في نطاق محطة تغذية مستقلة نظرا للأهمية البالغة إذا ما كان الموقع طبقا للمواصفات القياسية الدولية ويعرض الشكل رقم 8-9 منظرا للموقع عموما لما يجب أن تكون عليه هذه الملاعب أو الإستاد طبقا للمتطلبات الدولية.

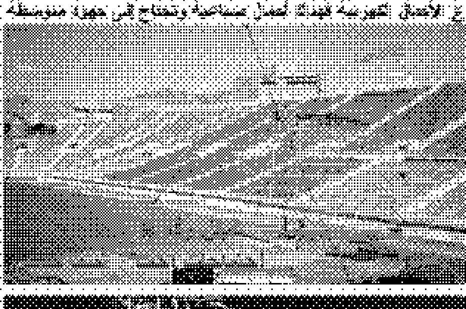
2-الكابلات

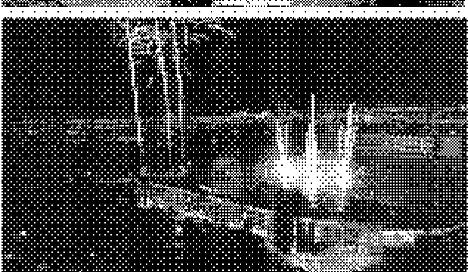
تستخدم الكابلات في نقل القدرة الكهربية من محطات المحولات الفرعية إلى مواقع التوزيع داخل المدن على جهد 11 ك. ف عادة ومنها تمتد إلى محولات التوزيع ثم إلى مراكز الإستهلاك الفعلي تلبية لطلبات المستهلكين على جهد الإستهلاك وهو 380 / 220 ف، كما أنه من الضروري توضيح أن هذه المغذيات (الكابلات) تختلف من حيث مساحة مقطعها و العزل علي حسب استخدامها والقدرات المقننة تبعا للتعاقدات الفعلية والمتبعة. أما من الجهة

الهندسية فأنه يلزم حساب مقدار هبوط الجهد عند الأطراف لهذه الكابلات وتحديد أطوال هذه المغذيات طبقا للجداول المعدة لها.

3- أطراف التوزيع

عند التخطيط يتم تقسيم المدينة من حيث نوع الأحمال الكهربية فهناك أحمال صناعية وتحتاج إلى جهود متوسطة 11، 22، 33 ك.ف وعلى الجانب الآخر توجد أحمال تجارية وسكنية تحتاج إلى جهود 380 ف، ومن ثم يتم توزيع الأحمال في تصميم الشبكة داخل المدينة ويتم التوصيل بين أطراف التوزيع ومحطة المحولات عن طريق كابلات تغذي على التوازي لضمان أعلى اعتمادية ممكنة وهو التغلب على الفاقد في التغذية كما يجب أن نراعي عند التصميم أن يكون مقنن المغذي الداخل إلى أطراف التوزيع قادرا على تحمل الحمل الكلي للفترة الزمنية المستمرة أو حسب نوعية الأحمال بشرط أن يكون لكل مغذي قاطع تيار خاص به ومطابقا للمقنن له ومن كل من التجهيزات.







شكل 8 – 9 : (ب) متطلبات الإضاءة

بناء على ما سبق نحتاج إلى:

أ) الربط الكهربي بين نقاط التوصيل بين الأطراف من أجل رفع قيمة معامل الاعتمادية.

ب) توزيع مصادر القدرة المتوسطة بين هذه الأطراف تبعا لنوعية ودرجة أهمية الأحمال.

تعتمد شبكات التوزيع عند أطراف الشبكة على أسلوب الشجرة حيث تتلقى الطاقة الكهربية نقطة محددة ثم تتفرع إلي باقي الأحمال من خلال توصيلات داخل علب مغلقة دائما وهي لوحات التوزيع وهذه اللوحات منها نوعان:

النوع الأول: اللوحات الرئيسية

هي لوحات وحيدة لكل موقع (الشكل رقم 8-10) وهي محكمة تماما كما يؤكد على هذا الصورة المبينة في الشكل 8-10 ولا بد أن يكون لها مدخل وحيد (المتلقي للقدرة من الشبكة المحلية الخارجية في المدينة) وعدة مخارج (المغذيات إلى أماكن الأحمال بالموقع) تنقل بها القدرة إلي لوحات توزيع أخري للتحكم في توصيل وفصل الأحمال بجانب وقايتها بالإضافة إلي مخرج أو أكثر يكون إحتياطيا لحالات الطوارىء أو التوسعات المستقبلية إن كان عدد المخارج الموجودة فعلا يسمح بالإضافة إلي بعض الشروط الواجب توافرها وهي:

أولا: التوصيلات

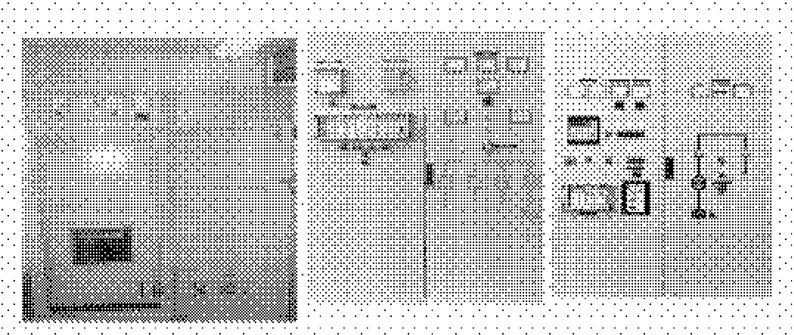
لمحولات القدرة والتوصيلات الثانوية المخصصة للقياس والوقاية

ثانيا: أجهزة الوقاية

عادة تكون الوقاية من زيادة الحمل وزيادة التيار مع الوقاية ضد تغير اتجاه سريان القدرة وكذلك التفريغ السطحي بجانب الوقاية ضد التسرب للتيار إلى الأرض علاوة على المصهرات المستخدمة على نطاق واسع. وتتنوع مصممات الوقاية المستخدمة في شبكات التوزيع تنوعا وسنذكر منها الأكثر شيوعا كما يلي:

1- مصممات حرارية وهي مجهزة بعناصر ثنائية المعدن الأكثر انتشارا وتوفر مستوى عالي من الوقاية ضد حالات زيادة الحمل طويلة أو قصيرة المدى كما يتاح استخدامها في نظام التيار المستمر أو المتغير (المتردد).

2- مصممات تستخدم الترمستور وهي تعتمد على الإحساس بدرجة الحرارة الحقيقية لملفات المحرك أو المحول. وتتمثل في مجس أو عدة مجسات حرارية وهي عبارة عن مكونات شبه موصلة تزداد مقاومتها الكهربية بسرعة عندما تصل درجة حرارتها إلى قيمتها القصوى.



3- مصممات القياس والتحكم الإلكترونية وتؤدي الوظائف التالية:

أ) مراقبة جهد مصدر التغذية داخل حدود معينة
بما يضمن حسن أداء الأجهزة والمعدات الكهربية.

ب) متابعة فصل أحد أطوار التغذية أو أكثر

ج) ملاحظة زيادة أو انخفاض التيار د) قياس العزل بصفة مستمرة

ثالثا: الإشارات

هي إما صوتية أو مرئية وتظهر باللوحة

رابعا: المبينات

هي التي تظهر حالة التوصيل أو وجود خطا ما في الشبكة

خامسا: أجهزة القياس

هي لقياس التيار في الأوجه المختلفة باستخدام أميتر واحد للأوجه الثلاث بالإستعانة بنظام السلكتور سويتش توفيرا للأجهزة التي تركب باللوحة وتوضح لوحة التوزيع في الشكل رقم 8-10 ذلك بجلاء. كما يمكن الإعتماد على المقوم الإلكتروني والذي يعمل بالتيار المتردد أو المستمر.

النوع الثاني: لوحة التوزيع الفرعية

تتلقى لوحة التوزيع الفرعية ذلك التيار الكهربي القادم من أحد مخارج اللوحة الرئيسية وتقوم هذه اللوحة بتوزيع هذا التيار بعد تقسيمه على الدوائر الكهربية المختلفة من أجل التوزيع على جهات الإستهلاك مباشرة وهنا يمكن أن تخصص لوحة فرعية لغرض محدد كأن تكون لوحة واحدة لتوصيلات الإضاءة مثل الشوارع وأخرى للماكينات وتخضع هذه اللوحات الفرعية لنفس القواعد السابقة والخاصة باللوحات الرئيسية، وتمثل نقطة مرحلية على أفرع الشجرة كي تكون هناك الإمكانية لعزل المناطق عن بعضها البعض كهربيا بجانب الوقاية الضرورية لهذه الدوائر الكهربية.

تتكون لوحات التوزيع الرئيسية والفرعية على حد سواء من:

أ) قضبان رئيسية من النحاس جيد التوصيلية وتثبت فوق عازلات مقننة لجهد التشغيل مركبة على شاسيه لوحة التوزيع ويحدد مقطع هذه القضبان طبقا لأقصى تيارات ممكنة لمدة زمنية مستمرة ودائمة وعادة يكون مقطعها مستطيل الشكل

ب) القواطع الكهربية Circuit Breakers وتتحدد لها سعة القطع المناسب بعد حساب تيارات القصر عند نقطة تركيب القاطع.

ج) المصهرات وأجهزة الوقاية المختلفة في أغلب الأوقات

د) أجهزة قياس الجهد والتيار مع المبينات (الشكل رقم 8-10).

هـ) طرف أرضي لوحة التوزيع ويتم توصيله بكل الدوائر الكهربية تبعا لنظام التأريض المستخدم ولا يجب تعديله إلا إذا تم التأكد حسابيا بعدم تجاوز مقننات التيار وسعة القواطع الكهربية أو المصهرات حسب الأحوال.

و) السكاكين في بعض الحالات

ى) نهايات الكابلات وهي تثبت عند أطراف المخارج.

8 – 3: خصائص التوزيع في المدن الكبرى

Characteristics of Distribution Networks in Cities

هناك بعض العوامل التي يجب مراعاتها في شبكة التوزيع في المدن لرفع معدل ومستوى الأداء تشغيلا وصيانة ووقاية للمعدات وحماية وأمان للأفراد ومن ثم نضع أهم المعاملات المتعلقة بهذه النوعية من الشبكات على النحو التالي:

1- الفقد الكهربي Electric Losses

يراعى عند تصميم أي نظام توزيع أن تكون المفاقيد الفنية أقل مايمكن أي كلما قلت المفاقيد زادت قدرة الشبكة على تغذية عدد أكبر من المستهلكين كما ينخفض المستوى الحراري لبيئة العمل.

2- كفاءة التشغيل Operation Efficiency

يقصد بها كفاءة الطاقة المرفوعة إلى المستهلك وهي عادة تتأثر بعدة عوامل يتقاسمها كلا من المستهلك وشركة التوزيع وتنحصر في انخفاض معامل القدرة وانخفاض أوارتفاع قيمته وكذلك هبوط التردد أو ظهور بعض التوافقيات Harmonics ويأتي على قمتها التوافقية الثالثة في أغلب الأحيان.

وتأتي أهمية هذه التوافقيات لأن كل التعاملات الهندسية والصناعية تتم مع التيار المتردد على أنه يأخذ شكل الموجة الجيبية ولكن في الواقع لا يوجد موجة تيار جيبية بالشكل السليم 100 % لأن كل موجات التيار عبارة عن موجات جيبية مشوهة تعرف بموجة غير جيبية Complex wave وهي تنتج من تجمع عدد كبير من الموجات الجيبية ذات الترددات المختلفة بمتسلسلات فورير كموجة رئيسية وهي التردد الطبيعي f لتشغيل الشبكة بجانب موجات أخرى لها ترددات عبارة عن مضاعفات الموجة الرئيسية سواء كانت فردية (odd) أو زوجية (even).

هذه التوافقيات تنتج عن العديد من المصادر منها:

أ) محولات إلكترونية ساكنة Static power converters

ب) المحولات متزايدة المغناطيسية Over excited Transformers

ج) المصابيح الفلورسنت Fluorescent lights

د) أجهزة الحالة الصلبة Solid State devices

هـ) الأحمال غير الخطية Nonlinear load

تؤدي هذه التوافقيات Harmonics عموما إلى بعض المظاهر السيئة في تشغيل المعدات والأجهزة:

أ) إنفجار المصهر Fuse

ب) زيادة درجة حرارة المحركات والمحولات

ج) الفصل غير المبرر للقاطع الكهربي (Circuit Breakers)

د) التداخل مع شبكات التليفونات

3- الإعتمادية Reliability

هي واحدة من المعاملات الأساسية لتشغيل الشبكات الكهربية عموما وتحدد قدرة النظام على العمل بكفاءة لمن لأطول فترة زمنية ممكنة تحت ظروف تشغيل معتدل وبصفة مستمرة دون إنقطاع، وكلما قلت فترة انقطاع الكهرباء عن المستهلك كلما كانت أعتمادية النظام أعلى ولذلك يتم تقسيم المشتركين أو المستهلكين إلى مراتب متتابعة من حيث الأهمية. ويخصص أعلى معامل إعتمادية لأكثر الأحمال أهمية وتقل الإعتمادية في أجزاء الشبكة التي تخص الأحمال الأقل أهمية وهكذا لأن رفع قيمة الإعتمادية يقابل تكلفة مالية عالية.

4- معامل القدرة Power Factor

إن انخفاض معامل القدرة يؤدي إلى كلا من زيادة المفاقيد والإنخفاض في الجهد كما أنه يزيد من قيمة التيار المار في المعدات أو الكابلات أو الأسلاك نتيجة لزيادة القدرة الكلية للتيار المار وهذا يرفع من التكلفة لأنه يتسبب في زيادة مقطع الموصلات. من ذلك تزيد أحمال أجهزة الوقاية ودوائرها بل ويضيع قدرات كبيرة من الشبكة دون الإستهلاك الفعلي ، ويظهر تأثيره على معظم الأجهزة خاصة المحولات والمحركات المتزامنة ومصابيح الإضاءة.

5- جودة التركيبات فنيا Installation Quality

هذا البند يظهر معه الإرتفاع الحراري للتشغيل وزيادة التحميل مضيفا من الفاقد الكثير والمستمر ولذلك يفضل الإستعانة بالشركات الخبيرة عند تنفيذ التركيبات الكهربية للشبكات في المدن ولا يستهان بها لأن التكلفة المتغيرة تصبح عالية ويجعل أسعار الكهرباء مرتفعة.

6- مستوى الأداء التشغيلي *Operating Performance*

مع الشبكة الضعيفة فنيا أو حتى تلك العادية يحدث أحيانا بعضا من الظواهر الهندسية نوجزها في السطور التالية مثل ارتفاعا وهبوطا بمرات متتابعة شاملة الإرتفاع المفاجيء في الجهد Voltage Fluctuation الإضطرابات في الجهد لمدة قصيرة أو طويلة نتيجة عمليات الفصل والتوصيل العادي خصوصا مع Voltage Sudden Rise

شبكات الجهد العالي والفائق، إضافة إلي إرتفاع الجهد لحظيا Voltage Swell أكبر من الحدود المسموح بها لفترة زمنية صغيرة ويحدث هذا الإرتفاع نتيجة لحدوث قصر علي وجه من الأوجه الثلاثة مما يؤدي إلي إرتفاع جهد الوجهين الآخرين وهو ضار بالأجهزة العاملة علي الشبكة في هذه اللحظة.
من المظاهر الضارة في تشغيل الشبكات في المدن الكبرى حيث الأحمال الكبيرة عندما يهبط الجهد إلي قيمة خطيرة وهوما يعرف أحيانا بأسم إنخفاض الجهد Voltage sag لفترة زمنية لا تتعدى دقيقة واحدة نتيجة لحدوث قصر أو بداية تشغيل المحركات، أما الإرتعاش في الجهد Voltage flicker نتيجة التغير السريع في الجهد مع تشغيل نوعيات خاصة من الأحمال مثل افران القوس الكهربى وماكينات اللحام مما ينعكس علي أداء المصابيح الكهربية.

7- محولات التوزيع الطرفية *Terminal Distribution Transformers*

تمثل هذه المحولات تلك المحولات بجهد 11 / 0.4 ك.ف. وهي تنتشر في الأحياء المختلفة داخل المدينة ويطلق عليها أسم الأكشاك ولكنه من الضروري توصيل الجانب الابتدائي للمحول علي هيئة Δ وذلك لمنع انتقال التوافقيات الثلاثية أما الجانب الثانوي فهو علي شكل Y بأربعة موصلات منها موصل مؤرض من نقطة التعادل بهدف إمكانية تغذية الأحمال أحادية الطور وهي الأحمال وهي المؤثرة في عدم إتزان الجهد الثلاثي بالشبكة، إضافة إلي التغذية ثلاثية الطور. جدير بالذكر أن استخدام التوصيل دلتا علي الجهد العالي للمحول منقولا إلي توصيلة النجمة يساهم في تقليل مفقدات التيار وبالتالي تقليل أقطار ومقاطع أسلاك الملفات بنسبة الجذر التربيعي للرقم ثلاثة.
يعتبر المحول ثلاثي الأوجه أوفر اقتصاديا أما المحولات أحادية الطور تكون مميزاتها هو إمكانية استبدال أحدها فقط في حالة تلفها دون المحولين الآخرين (الطورين). تتنوع هذه المحولات من حيث العزل الكهربي فهي إما زيتية وهو النوع الشائع أو باستخدام الغاز سادس فلوريد الصوديوم (Sf_6) وهو مكلف للغاية نسبة إلي تلك المحولات التقليدية (الزيتية)، كما تشير إلي تواجد محولات جافة وتستخدم في غرفة خاصة ملحق بالمنشآت الضخمة.

8- مقننات قياسية Standards

يراعي في تخطيط المواقع السكنية توفير الخدمات العامة اللازمة بما يتناسب مع حجم الموقع ونوعية الإسكان الموجودة به, كما يجب وضعها في أماكن تتناسب مع وظيفتها وعلي بعد مناسب من المجموعات السكنية.
يمكن تقسيم الخدمات العامة داخل المدن:
أ) اجتماعية وترفيهية (حدائق عامة - حدائق متخصصة للصغار والكبار - مركز أو نادى اجتماعي - نوادي السينما - المسارح)
ب) صحية (مراكز صحية)
ج) البنية الأساسية (محطات توليد الطاقة – شبكات الصرف الصحي – شبكات المياه)
د) إدارية وأمنية (الشرطة – الإسعاف – المطافيء – الهاتف والبريد)
هـ) تجارية (المراكز التجارية – المطاعم – الكافيتريات والمقاهي السياحية)
و) دينية
يمكن تقسيم مواقع الخدمات العامة من ناحية أماكنها داخل الموقع إلي:

أ) خدمات مركزية Central

يراعي فيها أن تكون مركزية بالنسبة لكل موقع سكنى مثل:
1 -المركز التجاري الخاص بالموقع
2 -المركز الاجتماعي
3 -المركز الصحي

الجدول رقم 8-3: مقننات مساحة بعض الملاعب الرياضية

الأسم	الطول (م)	العرض (م)
كرة القـــــدم	108	45
كرة السـلة	28	25
الهوكي	81	45
الهوكي	90	54
التـــــنس	42	18
كرة طائرة	18(14)	19(23)
كرة الـــيد	14	7

ب) خدمات لا مركزية Non Central

تقع بين المواقع السكنية وبعضها بحيث تخدم الموقع من الخارج دون أن يحدث تداخل للسكان خارج الموقع من الدخول أو المرور فيها مثل:

1. المسطحات المفتوحة العامة
2. الملاعب (جدول رقم 8-3)
3. المركز الثقافي
4. المسجد

الجدول رقم 8-4: اجمالى مساحة الاراضى (بالفدان) لمختلف الخدمات والأنشطة المختلفة داخل المدن

عدد الأفراد (شخص)	1000	2000	3000	4000	5000
الخدمات التجارية الفرعية	0.8	1.2	2.25	2.6	3
خدمات عامة: الملاعب	1.2	1.2	1.5	1.8	2.2
خدمات الحدائق	2.75	3.25	4	5	6
الخدمات التجارية لكبرى	2	3	4	5	6
الأنشطة الاجتماعية	0.38	0.76	1.2	1.5	1.9

ج) خدمات موزعة Distributed Services

تتوزع داخل المجموعات السكنية أو بينها بحيث تخدم كلا منها المجموعة الخاصة بها مثل:

1. ملاعب الأطفال
2. الخدمات التجارية الخفيفة

كما أن جمعية الإسكان الأمريكية قد وضعت معايير للخدمات العامة في المدن كما نراها في الجدول رقم 8-4 حيث اجمالي مساحة الاراضي (بوحدة الفدان) لمختلف الخدمات والأنشطة المختلفة داخل الموقع السكني كما أن الأنشطة الثقافية مثل المكتبات وهي التي تتنوع إلى:

1- المكتبة الرئيسية بالمدينة

يوضح الجدول رقم 8-5 مساحة المكتبة حسب حجم المدينة وهو ما يجب أن يكون في مكان يسهل الوصول إليه من أكبر عدد من الناس ويكون قريبا من مركز الخدمات التجارية. كذا توافرخدمات للمترددين من مكان لوقوف السيارات ومأكل ومشرب وخدمات سريعة، إلا أنه قد أثبتت التجارب أن الوصول إلى المكتبة سيراً على الأقدام هو أحد الأسباب القوية لاستعمال المكتبة.

2- المكتبات الفرعية

أوضحت بعض الدراسات أن المدن التي يزيد عدد سكانها عن 300 ألف نسمة تحتاج إلى فروع حيث يتفاوت حجم السكان الذي يخدمهم فرع المكتبة بين 90-40 ألف نسمة وقد يصل إلى 20 ألف نسمة. أن المسافة بين المكتبات الفرعية تتغير حسب كثافة السكان وتتراوح هذه المسافة بين 1.5-3 كم، كما يتراوح نصف قطر دائرة خدمة المكتبة الفرعية ما بين 1و 2 كم.

الجدول رقم 8-5: مقننات مساحة المكتبات نسبة إلى السكاني

تعداد السكان	المساحة م مربع	تعداد السكان	المساحة م مربع
2500	200	25000	700
5000	250	50000	1500
10000	350		

8-4: تطوير شبكات المدن Development

نتيجة للتقدم الكبير عالميا في استخدام الطاقة الكهربية وازدياد نصيب الفرد من استهلاك الطاقة الكهربية كان لابد من مواكبة الزيادة المستمرة للطاقة الكهربية المتولدة فنجد أن تطور نصيب الفرد من الطاقة الكهربية من عام 1981م إلى عام 2003م، مع توقع الزيادة في نصيب الفرد من الطاقة لعدة سنوات مستقبلية. أما عن المتوقع من الطاقة الكهربائية المستهلكة في مدينة ما يعتمد على عدد من المعاملات ولنأخذ ذلك لمدينة بورسعيد مثلا و دراسة هذا التطور المتوقع للطاقة لمدة خمسة أعوام مستقبلية (شكل رقم 8-11) من الآن فنري أن:

$$\text{الطاقة المتوقعة} = (\text{نصيب الفرد } X) \times \text{عدد السكان} \quad (1\text{-}8)$$

يتم عدد السكان بأسلوب إحصائي علمي ومن هذا نري عدد السكان للأعوام محل الدراسة في لمدينة في الشكل رقم 8-12. أما عن حساب نصيب الفرد من الطاقة الكهربائية المستهلكة X فيتم عن طريق السلاسل الزمنية بالثابتين (A و B) مع اعتبار 2001/ 2002 سنة الأساس base year في الحسابات بالمعادلة:

$$X = A + B\,(\text{Expected year} - \text{base year}) \quad (8\text{-}2)$$

يصبح المتوقع للفرد من الطاقة الكهربية المستهلكة عام 2004/ 2005:

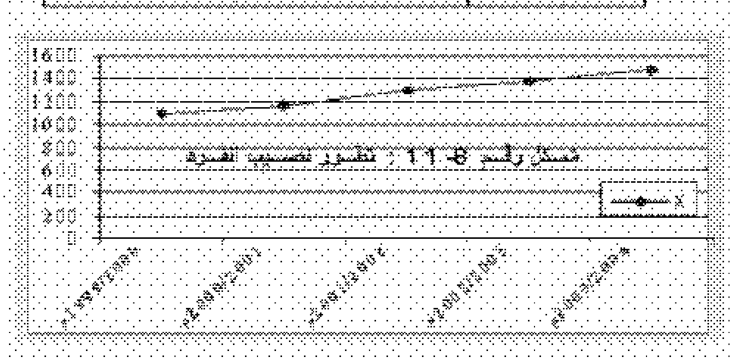
$$X_1 = 1281.669 + 95.9(3) = 1569.3$$

أما العام 2005/ 2006 فتكون القيمة هي

$$x_2 = A + B\ (X+R)2 = 1281.6 + 95.9(4) = 1665.2$$

جدول رقم 8- 6:الإستهلاك من الطاقة الكهربائية (ك. و. س)

السنوات	عدد السكان	نصيب الفرد من الطاقة الكهربية	الطاقة الكهربية المستهلكة
1981	338243	315	106546545
1990	420322	701	294645722
1991	429876	753	323696628
1992	437655	724	316862220
1993	446723	742	331468466
1994	454861	735	334322835
1996	469535	885	415536705
1997	477045	930.3	443794963.5
2001	506000	1287.43	653439580
2002	515007	1380.44	710936263
2003	525175	1473.45	773819103



شكل رقم 8-11 : تطور نصيب الفرد

ثاني لعام 2006/ 2007

$$X3 = A+B(X+R)3 = 1281.6+95.9(5) = 1761.1$$

ثم لعام 2007/ 2008 نحصل على

$$X4 = A+B(X+R)4 = 1281.6+95.9(6) = 1857$$

لعام 2008/ 2009 مستقبلا أيضا

$$X5 = A+B(X+R)5 = 1281.6+95.9\times7 = 1952.9$$

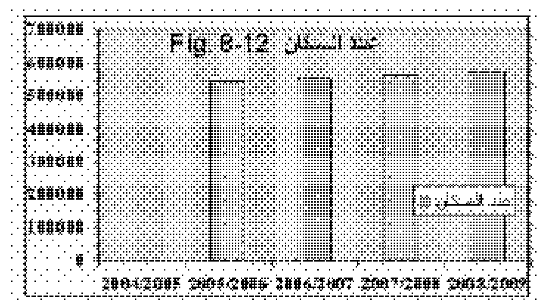


Fig. 8-12 عدد السكان

يعرض الشكل رقم 8-13 هذه النتائج الخاصة بتحسب القدرة المتوقع من الطاقة في توضيح أننا في عجز يزداد فيه الطلب على الطاقة الكهربائية إذا ما نظرنا إلى بعض المدن والتي يظهر فيها عجز في الوفاء بالطاقة المطلوبة ومنها مثلا مدينة بورسعيد حيث يتم التوقع بالعجز في انتاج الطاقة وفوريا يعني زيادة في معدلات استهلاك الطاقة كثيرا عن الطاقة المتوفرة والمتاحة وهو في الشكل رقم 8-14 ذلك العجز المتوقع يوجد تأثير زمني للفترة من العام الحالي 2004/ 2005 وحتى عام 2008/ 2009 المتوقع حسب الأزمنة السابقة

ترجع هذه الزيادة السنوية في استهلاك الطاقة ببورسعيد للعوامل الآتية:

1. زيادة المباني والمساكن المطروحة
2. زيادة الإدارة العامة
3. زيادة المناطق السكنية الجديدة بمعدلات عالية
4. إقامة المشروعات الصناعية الجديدة مثل مشروع شرق التفريعة
5. زيادة متوسط الاستهلاك للمشتركين

من ثم يحتوي هذا محطات التوليد والمحولات وطاقتها الإنتاجية لعدة أعوام مختلفة كما في الجدول رقم 8-7 حيث يوضح الطاقة الإنتاجية (مثلا عام 1994) فكان يوجد عدد 4 محطات للكهرباء بمحافظة بورسعيد مجموعها وانه انخفضت القدرة الفعلية بالمحطة الغازية في عام 94 عن عام 93 من 10 ألف كيلووات نظرا للإصلاحات.

ووزارة الكهرباء والطاقة) لأنه تم تحويل 7آلاف ك.و.س إلى منطقة العريش وبذلك حدث النقص في القدرة الفعلية. تتحول هذه البيانات لعام 1998 (بعد أربع سنوات) إلى ما هو مجدول في الجدول رقم 8-8.
أما في عام 1999 فنرى هذه المحطات ممثلة بيانيا في الشكل رقم 8-15.

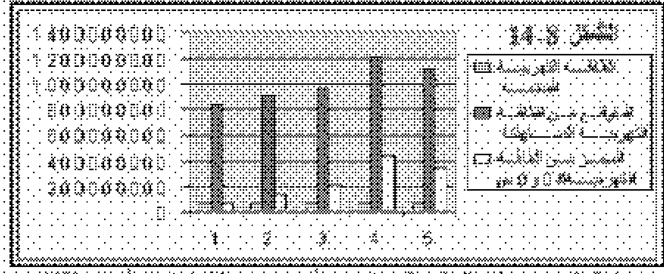
جدول قم 8-7: بيان محطات التوليد والمحولات وطاقتها الإنتاجية بمدينة بور سعيد عام 1994م

اسم المحطة	طاقة التوليد (م. و. س.)		المحولات
	مخطط	الفعلية	عدد × سعة م.ف أ
الغازية	45	23	
محولات الرسوة 220 / 11/66ك ف			25×2+125×2
بن 100محمد علي 11/66ك ف			25×4
كهرباء بورفؤاد	6.9	6	

عام 2001 ظهرت هذه البيانات في الجدول قم 8- 9 محددا الطاقة الإنتاجية بمصر بينما القدرات الأسمية لمحطات التوليد في ليبيا تبعا لإحصاء 2004 (الجدول رقم 8-10).
بناء علي هذا النموذج التوضيحي لكيفية التطور مع الشبكات الكهربية في المدن يكون لزاما علينا أن نضع بعضا من الضروريات الهامة مثل:
1 -رفع كفاءة القوى العاملة بقطاع الكهرباء من خلال التدريب المستمر.
2 - الإستمرار في زيادة قدرات محطات التوليد وزيادة سعة شبكات الربط لأنه عادة الطلب علي الطاقة أسرع من معدلات نمو الشبكات الكهربية .

جدول رقم 8-8: بيان محطات التوليد والمحولات وطاقته الإنتاجية في عام 1998م

المحطة	التوليد م. و. س.		المحولات	
	مخطط	فعلية	عدد	سعة
الغازية	45	40	--	—
محولات بن محمد علي و 100 11/66 ك.ف	100	70	4	25
الرسوة 20/ 11/66	300	80	2	125
محولات بورفؤاد 16/ 11 ك.ف	100	10	4	25
كهرباء بورفؤاد	6.9	6		
هيئة قناة السويس	3	2		



جدول 8-9: يبين محطات التوليد والمحولات مدينة بور سعيد وطاقتها الإنتاجية عام 2001 م

اسم المحطة	الطاقة (م.ف.أ)		المحولات	
	مخططة	فعلية	عدد	سعة م.ف.
الغازية	65	45	2	20
			11	25
محولات 66/ 11 ك.ف بشارع محمد علي	125	70	5	25
محولات 220/ 66/ 11ك.ف جنوب بورسعيد	300	200	2	125
			2	25
محولات 66/ 11ك.ف	75	70	3	25
محولات شرق التفريعة 66/11ك.ف	50	10	2	25

الجدول رقم 8-10: (أ) القدرات الأسمية لمحطات التوليد البخارية في ليبيا عام 2004

المحطة	الوقود	القدرة	بدء تشغيل
الخمس	ثقيل/ غاز	120 × 4	1982
غرب طرابلس	ثقيل	65 × 5	1976
	ثقيل	120 × 2	1980
مصراتة	ثقيل	845 × 6	1990
درنة	ثقيل	65 × 2	1985
طبرق	ثقيل	65 × 2	1985
بن بنغازي	ثقيل	40 × 4	1979

1 - تقليل الفاقد الكهربي الفني والإجتماعي

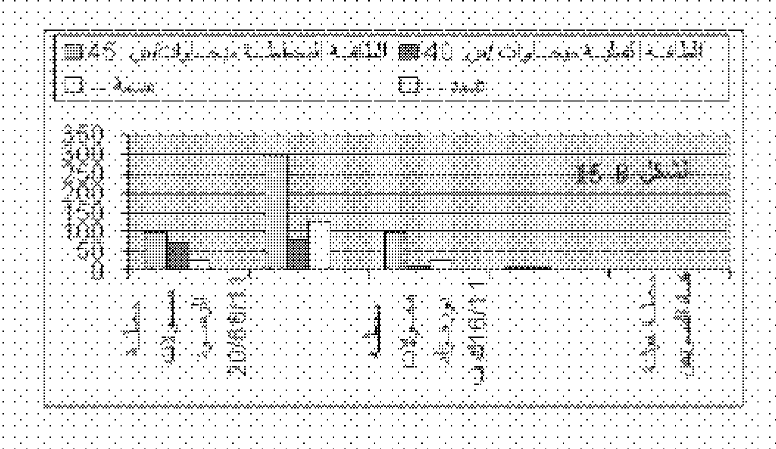
2 - زيادة عدد محطات الكهرباء (توليد و محولات) نظراً للتوسعات العمرانية الجديدة

3 - ترشيد الإستخدامات وأعمال الصيانة بشكل مؤثر وفعال.

4 - التشغيل الاقتصادي الأمثل للشبكة الكهربية الموحدة

الجدول رقم 8-10: (ب) القدرات الأسمية لمحطات التوليد الغازية في ليبيا (2004)

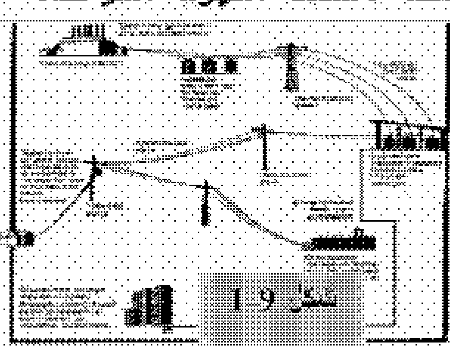
المحطة	الوقود	القدرة	بدء تشغيل
أبو كماش	خفيف	15 × 3	1982
الخمس	خفيف / غاز	150 × 4	1995
ج طرابلس	خفيف / غاز	100 × 5	1994
شمال بنغازي	خفيف / غاز	150 × 3	1995
	خفيف / غاز	165 × 1	2002
الزويتينة	خفيف / غاز	30 × 4	1994
الكفرة	خفيف	25 × 2	1982
الزاوية	خفيف / غاز	165 × 4	2000



الشبكات الكهربية في المدن الصغيرة
NETWORKS IN SMALL CITIES

تهتم بموضوع المدن الصغيرة ذلك أنها تعني المدن صغيرة نسبيا في الأحمال الكهربية وهي بالتبعية تكون مدن صغيرة الحجم وصغيرة المساحة ومن الممكن إعتبار المدن التي تتخذ في مصر تسمى المراكز في التقسيمات الإدارية للمحافظات مدنا صغيرة وبالتالي نتعامل بها وبما تحتويه من نوعيات من الأحمال التقليدية وعادة ما تكون أحمال الذروة قريبة من القيمة 20 ميجا وات زيادة أو نقصا ومن هذا المنطلق نستعرض أنماط هذه المدن الصغيرة في نطاقين هما:

النمط الأول: مدن متصلة بالشبكة الكهربية الموحـدة


شكل 9 1

هذه النوعية من المدن هي تلك القريبة من المدن الكبرى والتي تتمثل في عواصم المحافظات وهي تعني أنها المنطقة كثيفة السكان مثل الوجه البحري والعديد من المناطق في جنوب مصر كما أنها من الضروري أن تحتوي على بعض من المصانع الصغيرة أو المزارع الحديثة إلى غير ذلك وبها تكون التعامل مع شبكات هذه النوعية كما لو كانت جزءا لا يتجزأ من الشبكة القومية الموحدة وهو الواقع الفعلي على الأرض.

النمط الثاني: مدن نائية

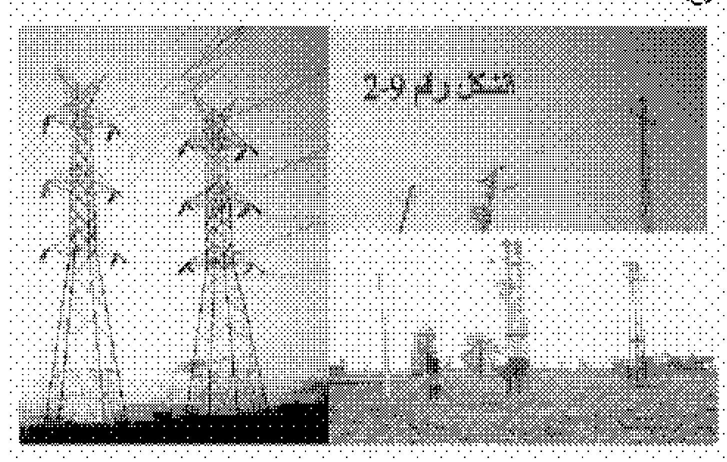
هي تلك المدن على نفس المستوى السابق أحمالا كهربية ومتشابهة ولكنها في موقع جغرافي يصعب معه الإتصال بالشبكة القومية الموحدة مثل المناطق البعيدة في الوادي الجديد والمساحات الشاسعة في محافظة مطروح ومحافظتي شمال وجنوب سيناء وأطراف الحدود المصرية من جميع الجهات تقريبا، ويرجع عدم الربط مع الشبكة الموحدة لعدم إمكانية مد خطوط الجهد العالي بطريقة غير إقتصادية ، لذلك تتجه الجهات المختصة بالعمل على توليد الطاقة الكهربية بالمدينة ذاتها وإنشاء شبكة محلية للمدينة النائية مستقلة عن الشبكة القومية. وقد تعتمد هذه المحطة أو المحطات على الوقود المنتج للطاقة الحرارية لتحويلها إلي الطاقة الكهربية حسب موقعها فقد تعتمد علي الفحم إذا كانت قريبة من مناجم الفحم أو بالسولار- كما يعطي الشكل رقم 9-1 مثالا لهذه الشبكة- أم بالغاز أو تعتمد علي المساقط المائية (إن وجدت) أو غيرها. في هذه المدن يتم إختيار الموقع لمحطة التوليد تبعا لمصدر الطاقة الحرارية أو الديناميكية (الشلالات) ويدخل في الإعتبار كيفية وتكلفة نقل الوقود وتخزينه مع العوامل الجغرافية والبيئية.

أما عن جهد التوليد فهو تبعا للمقننات القياسية والتي تتراوح بين 11 أو 22 ك. ف. ولذلك نحتاج إلي محطة محولات لرفع الجهد إلي المستوى الإقتصادي لنقل الطاقة علي جميع أطراف المدينة وعادة ما يتراوح في حدود

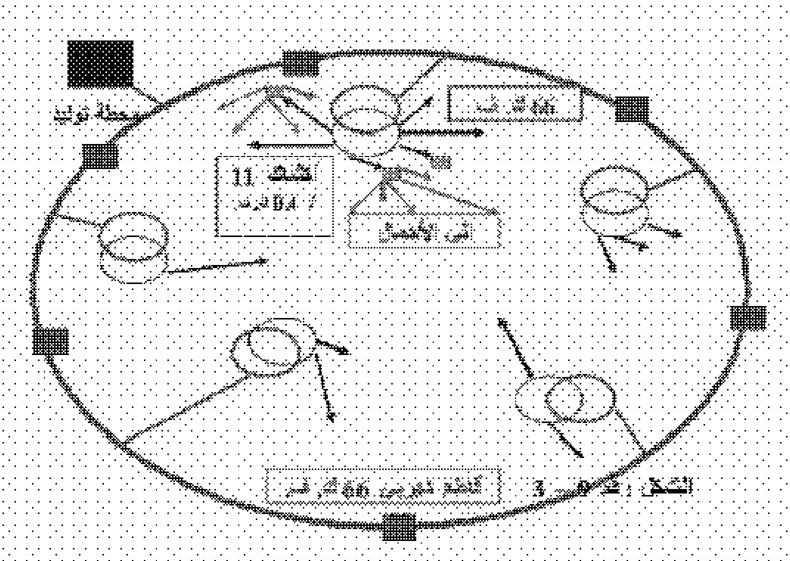
66 ك.ف.، ويخفض هذا الجهد عند بدايات التوزيع إلي 11 ك.ف. كي يتم التوزيع إلي مراكز الأحمال كما سبق الشرح في الفصل السابق بالنسبة للمدن الكبرى.
النقل الكهربي بين منبع الطاقة ومراكز الأحمال علي الجهد 11 ك.ف. يتم من خلال الخطوط الهوائية (خرسانية أو معدنية الأبراج) لجهد 11 ، 22 ك.ف. بجانب تلك الخاصة بالخطوط عالية الجهد طويلة المسافة معدنية الأبراج جهد 66 أو 220 ك.ف. كما نراها في الشكل رقم 9-2، ونستعرض الشبكات الكهربية في المدن الصغيرة إستكمالاً لما تم من شرح عن المدن الكبيرة بالإضافة أو التأكيد علي ما يتم أيضا في كلتا الحالتين.

9-1: نظم التوزيع الكهربي

يتألف الربط الكهربي من الربط بين محطة التوليد الصغيرة الخاصة بالمدينة سواء كانت من النوع الديزل أم بخارية أو غيره كما سبق القول وبين الأحمال الفعلية المنتشرة علي إمتداد المساحة السكنية والمصانع والملاعب الرياضية أيضا إن وجدت، وهو ما نستطيع رؤيته من الشكل رقم 9-3 حيث يوضح هذا الشكل الربط الكهربي بين هذه الجهات فنرى ضرورة التوصيل بين محطة التوليد الخارجية مع محطة محولات لرفع الجهد إلي المستوى المناسب لنقل الطاقة للمسافات المطلوبة كي تغطي كافة أرجاء المدينة وعادة يتبع هذا النظام الحلقي حول المدينة من الخارج.



ويستكمل الربط بأن يؤخذ نقاطا عبر حلقة النقل الخارجي للطاقة علي مسافات متناسبة مع كثافة الأحمال المطلوبة داخلها ومنها تنتقل بمحولات الجزء لتخفض الجهد إلي حدود التوزيع وعادة تكون 11 ك.ف. وهذه المحولات تتصل بكابلات كهربية (مغذيات) لتنقل الطاقة الكهربية إلي الأحمال كما سبق البيان في الفصل السابق، تخرج المغذيات الفرعية النهائية من هذه الأحمال عند جهد الاستغلال الفعلي وهو 380 / 220 ف. إلي الأحمال مباشرة سواء في المنازل أو الأسواق التجارية أو المصانع الصغيرة إلي غير ذلك من التوصيلات.



الشكل رقم 9 - 3 [illegible]

جدير بالذكر أنه لا بد وأن تتداخل القواطع الكهربية على الحلقة الخارجية لنقل جهد [illegible] العطل الذي من الممكن أن يحدث في الحلقة دون [illegible] الارتفاع الحراري للموصلات بإضافة إلى زيادة العقد الكهربي وبذلك لا يكتفي بقاطع واحد بل يلزم أن تزيد عن قاطع واحد وكلما زاد العدد كلما ارتفعت قيمة [illegible] الاعتمادية لتحقيق الشبكة، على الجانب الآخر يمكن أن يزيد عدد محطات التوليد إذا كانت [illegible] القدرة حسب الظروف التمويلية والتشغيلية وفي هذه الحالة يسهل ربط أي عدد من المحطات أو ماكينات التوليد الديزل إلى هذه الشبكة الصغيرة.

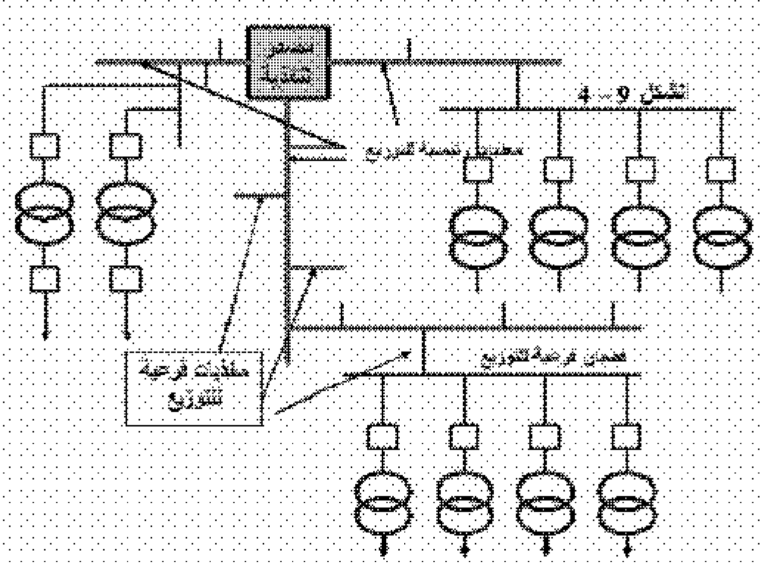
جاء في البند السابق أن التوزيع الكهربي يعتمد على نظم مختلفة عن تلك التي تنقل عليها الطاقة الكهربية ، فبينما نجد أن النظام الحلقي هو أنسب الأنواع للنظم الكهربية لنقل الطاقة الكهربية حول المدينة خارجيا نجد أن هذا النظام لا يلائم نشر الطاقة الكهربية إلى مراكز إستغلالها حيث أطراف الأحمال الكهربية ومن ثم نتحول من النظام الدائري الحلقي حول المدينة إلى النظام القطري داخل المدينة ويوضح ذلك الشكل رقم 9 - 4 حيث نجد التسلسل الطبيعي لخفض الجهد من خلال محولات القدرة الصغيرة وهي تلائم هذه الأحمال الكهربية.

أولا: منظومة التوزيع الكهربي المستقلة Independent System

مما سبق نجد أن النظام الكهربي للتوزيع يعتمد على عددا مكونا من المغذيات وهي:

أ) المغذيات الرئيسية Primary feeders

هي عادة كابلات ثلاثية الطور جهد متوسط وأنها تتعامل بمرور تيارات كهربية متزنة ثلاثية الطور.



ب) المغذيات الفرعية Secondary feeders

تنقسم هذه المغذيات من عدة أنواع هي:

1- كابلات ثلاثية الطور ثلاثية الطور لتغذية الأحمال التجارية والصناعية على الجهدين 11 ك.ف. أو 0.4 ك.ف. وفي بعض الحالات من الممكن أن يكون الجهد بين خطي المستويين ثلاثية الطور على بعض المعدات الكهربية مثل الطلمبات والأفران الصناعية المختلفة.

2- كابلات ثلاثية الطور رباعية القلب لتغذية الأحمال التجارية والصناعية ومفرد الطور كأحمال منفردة على الجهدين 380 و 220 ف.
3- كبلات أحادية الطور لتغذية المنازل البسيطة والأحمال الصغيرة علي جهد الإستغلال الخدمي 220 ف.
أما المنظومة الكهربية في المدن الصغيرة ذاتها فإنها تتألف من:
1- محطة أو محطات التوليد الكهربي
2- محطة المحولات أو محطات المحولات تبعا لعدد محطات التوليد لرفع الجهد الكهربي إلي المستوي المناسب
3- حلقة النقل الكهربي علي الجهد العالي وهي عادة من الخطوط الهوائية Overhead lines
4- محطات القواطع الكهربية بين الخطوط وهذه المحطات ذات طابع خاص وتعتمد علي عمل القواطع وبالتالي يجب حساب سعة القطع لكل منها بحسابات القصر في كل نقطة وليس في الوقت الراهن للتصميم بل علي المدي الطويل حتي لا نجبر مستقبلا علي تغيير القاطع وهو المعدة الرئيسية في مثل هذه المحطات. في الحقيقة نجد أنه لكل دولة مواصفات قياسية خاصة بها مثل UTE الفرنسية، BSI الإنجليزية، VDE الألمانية إلا أن هذه الدول وغيرها عالميا قد اتفقت فيما بينها علي مواصفات قياسية عالمية موحدة وهي المواصفات العالمية قياسية موحدة وهي المواصفات الكهروتقنية الدولية IEC تستخدمها كل دولة بجانب مواصفاتها المحلية. وجدير بالذكر في هذه النقطة كي نشير إلي أنه في عام 1973 قامت لجنة من 40 دولة بإصدار المواصفة القياسية رقم 157 والتي تم تجديدها عام 1989 وإصدارها في سبعة أجزاء تحت رقم جديد 947 ويأتي في جزئها الثاني (2-947) ما يخص القواطع الكهربية والذي حل محل الرقم السابق (1-157) وقد أضافت هذه المواصفات الجديدة معايير هامة لأداء أفضل للمهمات العاملة بالكهرباء لوسائل الفصل والتوصيل وتوفير الأمان للمستخدم تتلخص في:

أ) أقصى سعة قطع لتيار قصر بالدائرة (I_{cu})

ULTIMATE SHORT CIRCUIT BREAKING CAPACITY

هي قيمة تيار القطع المتوقعة بالكيلو أمبير (الجذر التربيعي لمتوسط مربعات مركبة التيار الفعالة في حالة التيار المتردد) ويعبر عنها بأنها أقصى تيار قطع يمكن أن يتحمله المفتاح.

ب) سعة القطع (I_{cs}) Service Breaking Capacity

يعبر عنها بأنها قيمة تيار القطع المتوقعة أثناء الأداء بالكيلو أمبير وتكون قيمتها مقابلة لنسبة مئوية من قيمة أقصى سعة قطع مقننة Icv طبقاً للنسب القياسية التالية من Ics (%100 -%75 -%50 -%25) ويلاحظ أنه كلما زادت قيمة التيار المقنن تزداد النسبة من Ics ، وعلي سبيل المثال فإن Ics يجب أن تصل إلى %100 من Icv لقواطع الدائرة الهوائية حيث تستخدم عادةً كقواطع على معديات الدخول وبالتالي فإن الشبكات التي تتطلب مستوى عالي من استمرارية التغذية تستخدم بها قواطع الدائرة المقلوبة التي يجب أن يكون عندها Ics أقصى قيمة ممكنة من Icu .

ج) سعة قطع زمن قصير (I_{cw}) Short Time Withstand Capacity

هو قيمة التيار الذي يتحمله القاطع في وقت الغلق (On) خلال زمن التأخير Delay Time عند القيم المحددة قياسيا (.05 -.1 0- .025 -0.5 -1 ثانية) بدون أن يتحول القاطع إلي وضع الفصل off، كما نلاحظ أن هذا الاختيار يطبق على القواطع من الرتبة (ب) التي تكون مزودة بوحدة فصل من نبيطة جامدة Solid state ومزودة باختيار مقنن كرونومتري Time Selectivity.

د) رتب الانتفاع Utilization Categories

تطبيقاتها تقع في مستويين بالنسبة للاختيارية:
الرتبة (أ) :

هي القواطع غير المزودة بضابط الرونومتري وتحقق خاصية الاختيارية Selectivity عن طريق Current Selectivity وهو ما يسمح لتقنيات الوقاية الآلية في الشبكات الكهربية .

الرتبة (ب):

هي القواطع التي تستطيع تحمل التيار Icu لمدة قيمة محددة من الزمن وتكون مزودة بوحدة فصل Trip Unit وبها ضابط كرونومتري يحقق لها خاصية الاختيارية المرتبطة بالزمن Time Selectivity .

هـ) فاصل الدائرة Isolator Circuit Breaker

في هذه الحالة يسمى قاطع الدائرة بأنه الفاصل إذا اجتاز الاختبارات التالية:

1. اختبار الجهد الدفعي Impulse Voltage Test

ويشمل هذا الاختبار تطبيق الجهد الدفعي بين أطراف الدخول والخروج والتوصيلات مفتوحة ويكون قيمتها بالنسبة لقطع الدائرة الفاصل أكبر من قاطع الدائرة في حدود (12.5 ك . ف . أ).

2. اختبار تيار التسرب leakage Current

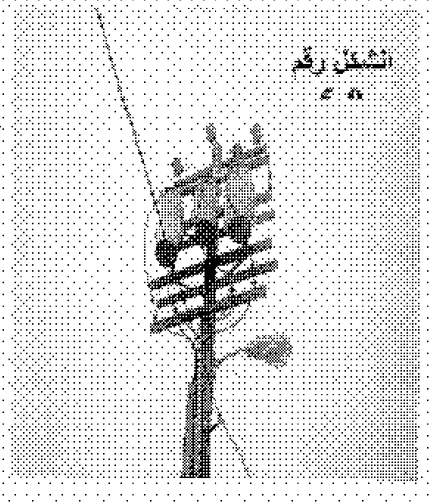
يتم إجراء أربع اختبارات عند 110% من أقصى قيمة للجهد المقنن هي :

أ. قاطع الدائرة الفاصل جديد يجب ألا يزيد تيار التسرب عن 0.5 مللي أمبير لكل قطب .

ب. بعد إجراء اختبار القطع عند Icu فإن التسرب يجب ألا يزيد عن 2 مللي أمبير لكل قطب

ج. بعد إجراء اختبار التحمل فإن التسرب يجب ألا يزيد عن 6 مللي أمبير لكل قطب .

د. بعد إجراء اختبار القطع عند Icu فإن التسرب يجب ألا يزيد عن 6 مللي أمبير لكل قطب



الشكل رقم

5- محطات التوزيع الطرفية Terminal Stations

تشمل كلا من المغذيات الرئيسية الداخلة إليها والمغذيات الفرعية الخارجة من المحولات إلى الأحمال

1- الأحمال

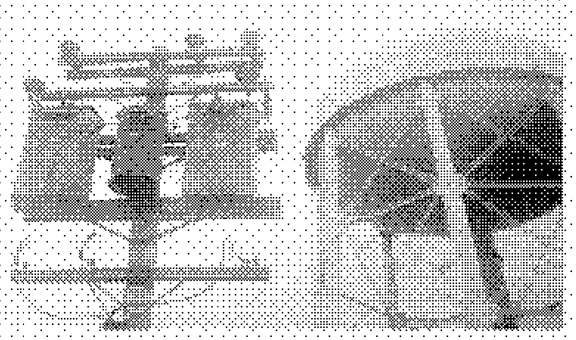
2- كابلات تقوية لربط الأحمال بالأعمدة الكهربية مباشرة

3- مركز للتحكم من أجل إدارة الطاقة بالمدينة .

ثانيا: محولات التوزيع الكهربي للأحمال الصغيرة

تختلف طبيعة محولات القدرة الضخمة ذات الجهد العالي والفائق عن تلك التي تقوم بتوزيع القدرة على الجهد المنخفض بقدرات تقل عن 500 ك.ف.أ , وهو ما نستطيع تقسيمه:

الشكل رقم 9-6 : محولات توزيع معلقة 12 ك.ف / 120 – 208 ف ثلاثية الطور مستقلة القلب المغناطيسي



أولا: المحولات ثلاثية الطور

يستخدم منها في المدن عموما عدة من الأنواع الضرورية نوجزها بالآتي:

أ) محولات توزيع ثلاثية الطور بالقلب المغناطيسي

مثل تلك المحول المعلق بمقنن 11 ك.ف / 430 ف (الشكل رقم 9-5) وهي عادة محولات لها قدرة بسيطة وهي من المحولات المشهورة لتغذية الأحمال الخفيفة وهي مناسبة للمدن الصغيرة النائية.

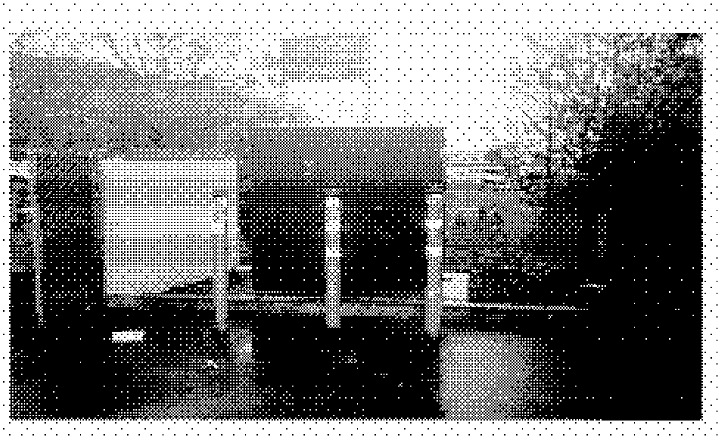
ب) محولات ثلاثية الطور معلوق مستقلة القلب المغناطيسي Pole-mounted transformers

نرى في الشكل رقم 9-6 عينة من محولات التوزيع المعلقة 12 ك.ف / 120 – 208 ف . ثلاثية الطور مستقلة القلب المغناطيسي وهي ما تناسب تغذية المصانع الخاصة بالصناعات الصغيرة ومتناهية الصغر في هذه المدن الصغيرة.

ج) محولات ثلاثية غير معلقة Pad-mounted transformers

تزداد فيها القدرة عن تلك السابقة مما يجعل تأثير القوى الديناميكية عند التشغيل أو أثنائه عالية وبالتالي يحتاج إلى تثبيت شديد مما يدفعنا إلى التعامل معه بنظام المحولات الكبيرة (الشكل رقم 9-7)، هذه المحولات يتم تركيبها على قواعد خرسانية مخصصة لها بل ويتم تثبيتها على هذه القواعد الخرسانية مركبا فوقها قضبان سكك حديدية للتمكن من ضبط زاوية ميل المحول إذا ما كانت هناك حماية غازية على ملفات المحول وإضافة إلى أن هذه

القضبان الخاصة بالشبكة الحديدية تساعد في عملية تركيب المحول ونقله من فوق ويمكن النفاذ إلى مخدع المحول النهائي وهي تقنيات ذكية ومستقرة وخاضعة للمواصفات القياسية.



الشكل رقم 9-7: محول توزيع غير معلق مفرد الطور 11 ك.ف/ 380 - 220 ف

ثانيا: محولات فردية الطور

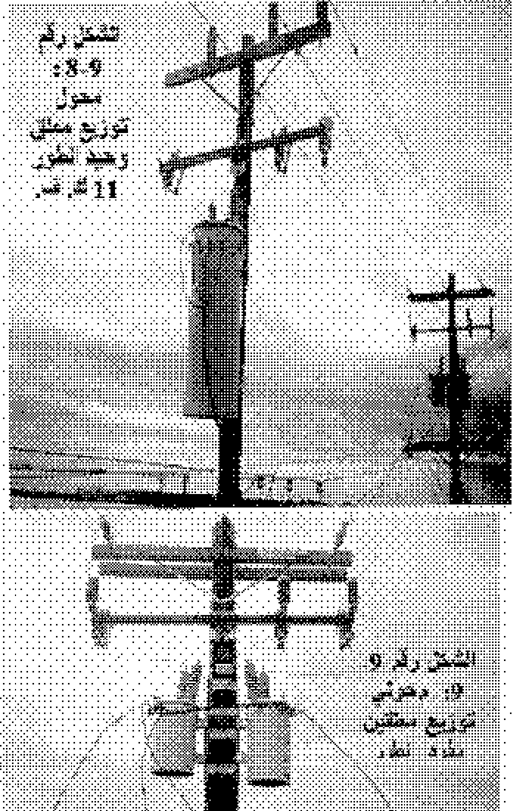
أ) محولات 100 ك.ف.أ. وتستخدم داخل المنشآت من أجل حماية الأفراد من خطر الكهرباء وهي مناسبة لأحمال المنشآت الصغيرة والأبنية السكنية (الشكل رقم 9-8).

ب) محولات 200 ك.ف.أ. وهي عادة تعلق إما مزدوجة العمود أو رباعية الشكل فمثلا الشكل رقم 9-9 يعرض محولي توزيع معلقين مفردا الطور 12 ك.ف / 120 - 240 ف متصلين معا في شكل دلتا مفتوحة للحصول على متطلبات الثلاثية.

9-2: تطور شبكات المدن

التخطيط الهندسي السليم ينطوي على التقديرات الصحيحة للاحتياجات المتوقعة على المدى الطويل 20 و 50 سنة على التوالي وكذلك القصير أي بعد 5 و 10 سنوات وهو ما يبدأ عند دراسة الأحمال الكهربية القياسية وتحديد قيمة الأحمال إحصائيا لكل نوعية نمطية في هذه المدينة ولا يجب أن يخفى عن المصمم ضرورة وضع التوسعات المستقبلية في الإعتبار منذ بداية الدراسات الفنية لتصميم الشبكة الكهربية في المدينة.

أولا: المتطلبات الأساسية في التصميم



الشكل رقم 9-8: محول توزيع معلق وحيد الطور 11 ك.ف.أ

الشكل رقم 9-9: محولي توزيع معلقين مفرد الطور

إن الدراسة الناجحة لتصميم الشبكة الكهربية في المدينة أو لتصميم أجزاء مضافة إليها إذا كانت موجودة بالفعل أو لتطوير الشبكات القائمة لا بد وأن يتوافر فيها عددا من المتطلبات وهي:

المستوى الأول Level 1:

يجب تحقيق هذا المستوى العالي من الاعتمادية لكل الأحمال الرئيسية والهامة أو تلك الأماكن ذات الأهمية البالغة سواء أمنيا أو صناعيا أو من الجهات الهامة مثل الأماكن الرئاسية أو تلك الدبلوماسية على سبيل المثال، يمثل في هذا النطاق المحطات العمومية من كهرباء ومياه وصرف صحي. من هذا المنطلق نجد أنه من الناحية الفنية لا بد وأن يتم تغذية هذه الأحمال هذه عن طريق ثلاث جهات متباينة:

أ) الجهة الأساسية للتغذية

ب) الجهة الرئيسية الاحتياطية

وهي من الشبكة الرئيسية بالمدينة أيضا ولكن من منطقة بعيدة عبر موزعة ارتباطا مباشرا مع الجهة في البند السابق على أن يتم توصيل هذا المصدر بطريقة أوتوماتيكية إذا ما فصلت التغذية الأساسية في البند السابق

ج) تركيب مصدر توليد محلي

يكون ذلك بالموقع ذاته مثل حالات المستشفيات وغيرها وهو عادة ما يكون عبارة عن ماكينة ديزل لتوليد الكهرباء تعمل في حالة فشل المصدرين السابقين ولكنه يجب الإهتمام البالغ بهذه الوحدة الإحتياطية بصورة دائمة ولا يجوز إهمالها مادام المصدر الرئيسي عاملا بطريقة سليمة حتي نستطيع مجابهة الحالة الطارئة التي قد تحدث ، وهذا التحذير لمداومة العمل علي متابعة وحدة التوليد ولا نحتاج إليها لمدة عشرين سنه أو أكثر أفضل من أن نحتاجها لحظة ونجدها معطلة أو معيبة حتي وإن كانت التكلفة عالية لهذه المتابعة.

المستوى الثاني Level 2:

يعتمد هذا المستوى علي تواجد النوعين فقط الأولين في المستوي الأول أي:

أ) الجهة الأساسية للتغذية

ب) الجهة الرئيسية الإحتياطية

ويتبع هذا تلك المنشآت الهامة ذات الطبيعة العامة أو المصانع الصغيرة وغيرها مثل المجمعات التعليمية الحديثة والمدارس الداخلية.

المستوى الثالث Level 3:

يشمل النوع الأول فقط من التغذية الرئيسية ويعتمد علي إعادة التيار بعد حدوث الأعطال بالطريقة اليدوية حيث يتم أولا تغيير أو تصحيح الجزء المعيب من الشبكة ويكون انقطاع التيار مرة واحدة أثناء هذه العملية وبعد انتهاء وتحديد المعدة بعد الصيانة يتم التوصيل وإعادة التيار يدويا . وهذا يخص الأحمال العادية مثل المنازل والمحلات التجارية العادية.

1- المتطلبات الشبكة تشغيلا وتركيبا وصيانة ويفضل حاليا أداء أعمال الصيانة دون قطع التيار الكهربي كجزء من عملية تغيير أسلاك عوازل كهربي في برج كهربي جهد عالي بينما الخط يعمل دون انقطاع التيار نهائيا (الشكل رقم 9-10).

2- التأكد من توافر قطع غيار جميع المعدات لفترة لا تقل عن 10 – 15 سنة

3- توفير العمالة الفنية المدربة لمتابعة العمل منذ الإنشاء وبعدها للتشغيل وإجراء كافة أعمال الصيانة الدورية للمشروع كله.

4- تجهيز الفرق الفنية المتخصصة لعمل الصيانة السليمة للمعدات الرئيسية في الشبكة

5- تحقيق أقصى إستفادة ممكنة من الشبكة فنيا واقتصاديا وإداريا

6- مطابقة التشريعات البيئية

7- تقليل الفقد الفني في الشبكة إلى أقل مستوى اقتصادي ممكن

8- التخطيط السليم لتوزيع الأحمال الكهربية من خلال منحنيات الأحمال ومتابعة تلك إحصائيا مع وضع التطوير والتعديل المتوقع وفقا للزحف العمراني والأنشطة السكاني بالمدينة مع أهمية العمل علي مجابهة أي قرارات إدارية أو سياسية قد تؤثر علي النمو الطبيعي للمدينة



شكل رقم 9 - 10 : جزء من عمل الصيانة تحت الجهد العالي

محاولة إضافة أحمال تنموية لتلك الموجودة وخصوصا تلك النمطية التي تساعد على تحسين مواصفات الشكل العام لمنحنيات الأحمال سواء تلك الجزئية أو تلك الواقعة إجماليا على قضبان محطة التوليد المخصصة للمدينة وخصوصا إذا ما كانت المدينة مستقلة ونائية مما يجعل الشبكات بها مستقلة .

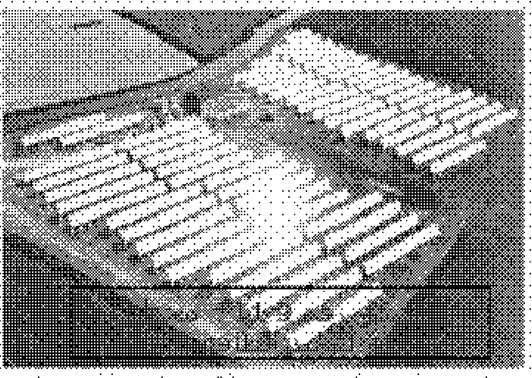
9- المرونة في عمليات الإحلال والتجديد بأقل تكلفة .

ثانيا: الطاقة الجديدة والمتجـددة

أهمية الطاقة الجديدة والمتجددة في المناطق النائية حيث الشبكات الكهربية المنعزلة تتمثل في سهولة الحصول عليها مع عدم إرتفاع التكلفة مقارنة مع إنشاء خطوط جهد عالي لمسافات طويلة كي تعمل على تغذية أحمال قليلة أو خفيفة بالنسبة للخط الكهربي ذاته إضافة إلى العبء الفني من الحاجة إلى الصيانة المستمرة والمتابعة الدائمة لها، كما أنها تزيد من معامل الخطورة في تشغيل الشبكة الموحدة وأيضا تقلل من معامل الإقتصادية في بعض الأحيان . من أهم الطاقات المتجددة التي في مجالات التطبيق على نطاق واسع تأتي الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وهما ما سوف نذكرهما الآن .

1- الطاقه الشمسيه

يقدم الشكل رقم 9-11 منظرا عاما لموقع محطة شمسية وهي من المزايا التي تتمتع بها م . نطقتنا المصرية نظرا للمساحات الشاسعة الصحراوية فيمكن أن تستغل في التوليد الكهربي نعم لطبيعة المناخ الذي تتمتع به مصر حيث تظهر الشمس الساطعة لمدد طويلة من العام صيفا وشتاءا على السواء ولهذا نجد إنشاء المدن الصحراوية في هذه الصحاري ممكنا ويمكن بسهولة إدخال الطاقات الجديدة والمتجددة جنبا إلى جنب مع المحطات التقليدية التي تحتاج إلى وقود كما ذكر من قبل. الطاقة الشمسية في المدينة إن كانت نائية أمرا مطروحا للتصميم منذ البداية ونستطيع الإعتماد عليه ونضع الأسس

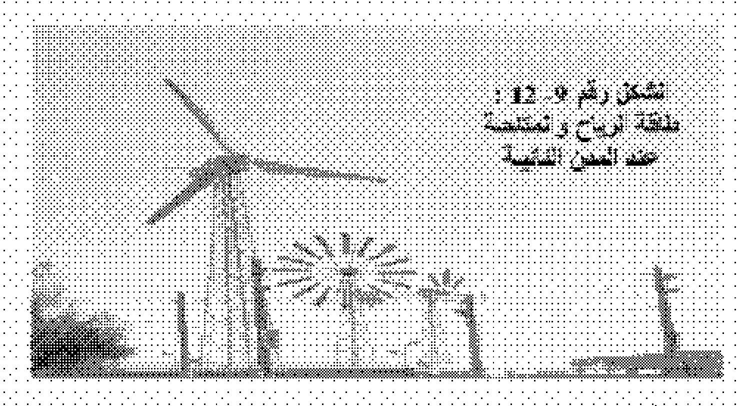


الخاصة بالتعامل مع نوعية محطات الطاقة الشمسية المستقلة فقط إن كانت نائية أو الشبكة الكهربية المستقلة المشتملة كلا من محطات الطاقة الشمسية والمحطات التقليدية لتغذية الطلبات من الأحمال في هذه المناطق النائية. وجدير بالذكر أنه في المحافظات النائية يتم إنشاء المدارس عن طريق الهيئة العامة للأبنية التعليمية وهي ما تحتاج مثل هذه النوعية من الشبكات أثناء بناء المدارس أو قبلها عنه وأثناء العمليات الإنشائية للبناء

2- طاقه الرياح

طاقة الرياح عبارة عن طاقة نظيفة وصديقة للبيئة ومفضلة في المدن النائية إلا أنها صعبة بعدم توافر الرياح بصفة دائمة إضافة إلى تغير شدة هبوب الرياح حيث تتولد الطاقة الكهربية نتيجة دوران الطواحين الهوائية والتي

نرى بعضا منها في الشكل رقم 9-12، وهي تعتمد على شكل ومساحة الريش والتي تستقبل الرياح لتحدد سرعة الدوران المعززة لتوليد الكهربي الناتجة عن تغير في سرعة التوربينات الهوائية من الضروري التنويه عن أن الطاقة الكهربية المتولدة من مزارع الرياح عبارة عن طاقة بقدرة غير مستقرة (أي غير منتظمة) ومن ثم يستلزم الأمر وضع مواصفات قياسية للتعامل مع المدن الصغيرة التي تعمل على التيار المستمر لأنه الأسهل والأقل تكلفة ولكنه غير هندسي ولا يتماشى مع المتطلبات العادية للاستهلاك المنزلي ولكنه قد يلائم بعض الأنواع الصناعية من الأحمال. للتوضيح يقدم الشكل رقم 9-13 أحد منحنيات الأحمال ذات الطابع اليومي بطبيعة التغير في قيمة القدرة المطلوبة زمنيا على مدار ساعات اليوم كاملة مما يصعب معه تلبية الاحتياجات بكاملها بطوال القدرة الزمنية عبر اليوم الواحد يوميا أو على مدار العام ولذلك يفضل إضافة مصدر آخر ذو قدرة ثابتة بجانبه، أو الربط سوية في شبكة المدينة أو العمل على تخزين الطاقة غير المستهلكة في شكل ما للاستفادة بها وقت الضرورة.
هناك حلا هندسيا أفضل للتعامل مع شبكات المدن الصغيرة للطاقة المتجددة والمتعددة تصميما ودمجها في الربط والتحويل بين نظامي التشغيل؛ أي بين محطات التوليد التقليدية للتيار المتردد ومحطات توليد التيار المستمر بالطاقات الجديدة والمتجددة وهو ممكنا ولكنه يزيد من التكلفة الكلية للإنشاء والتركيب والتشغيل حيث يلزم إضافة محطة تحويل للتيار من التيار المستمر إلى المتردد وبعدها يتم الربط على التيار المتردد.



شكل رقم 9-12 : طاقة الرياح والمتقطعة عند المدن النائية

ثالثا: أمثلة تنفيذية

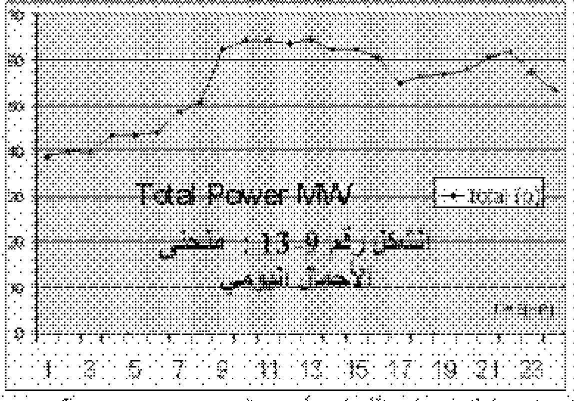
نتناول بعض الحالات الفعلية التي قد تتواجد على أرض الوطن كمثال وليس بالحصر فنجد بالنسبة لشبكات المدن النائية نأخذ عن الإحصائيات الرسمية الصادرة عن شركة كهرباء القناة بعض البيانات عن هذه الشبكات المنفصلة والبعيدة عن الشبكة الموحدة بمصر كما في الجدول رقم 9-1 والذي يسجل القدرات الاسمية لمحطات التوليد هذه، وجدير بالذكر أنه تم التشغيل التجاري للوحدة الأولى لمحطة عيون موسى في شهر فبراير 2001 أما الوحدة الثانية فقد كانت خلال شهر مارس 2001، كما نوضح أن هذه الشبكات لها الصبغة العامة للعدد الكبير للوحدات وكل منها لها قدرة بسيطة وهي من الخواص الفنية التي تحدد هذه النوعية من الشبكات.

جدول رقم 9-1 : القدرة الاسمية لمحطات التوليد في بعض المدن الصغيرة في شرق الجمهورية (محافظتي سيناء ومحافظة البحر الأحمر) وهي غير مرتبطة بالشبكة الموحدة

اسم المحطة	النوع	عدد الوحدات × القدرة	الإجمالي (م.و)	سنة التشغيل
أولاً: محافظة شمال سيناء				
الحسنة – رفح – السلام – نخل – الروضة – [illegible]	ديزل	(31) وحدة قدرات مختلفة	35.488	97-81
المساعيد – الشيخ زويد	غازية	(10) وحدة قدرات مختلفة	83.3	94-82
ثانياً: محافظة جنوب سيناء				
شرم الشيخ	غازية ديزل	5 × 2 + 20 × 4	113.2	97-85
رأس سدر ، الطور ، رأس النقب ، طابا ، نويبع ، دهب ، سانت كاترين ، أبو رديس	غازية ديزل	(3) وحدة قدرات مختلفة (52) وحدة قدرات مختلفة	84.178	2000-84
ثالثاً: البحر الأحمر				
الغردقة	غازية	25 × 6	150	97-91
سفاجا ، رأس غارب ، القصير ، الغردقة القديمة ، شلاتين ، أبو رماد ، حلايب ، مرسى علم	غازية ديزل	(12) وحدة قدرات مختلفة (29) وحدة قدرات مختلفة	85.747	2000 - 82

على الجانب الآخر نجد أن المدن الكبرى وبنفس منطقة هذه المحافظات وتعتبر هذه المدن جزء من المنطقة الموحدة وقد حدثت في الجدول رقم 9-2 كما سنرى عن شركة كهرباء القناة، ومن هذا الجدول نستطيع أن نرى أنه في بعض المدن هناك طاقة توليدية ضخمة وبالمقارنة مع المدن الصغرى نجد الفارق الواضح كما سبق الشرح في الفصل الحالي والسابق.

أما بالنسبة لما تحتويه مصر من كم هائل من الآثار والمنتشرة في ربوع البلاد فيظهر عدد من هذه الآثار ما هو بعيدا تماما عن العمران أو تكون هناك من المناطق في المناطق النائية وغيرها مثلا على سبيل المثال في مدينة الفيوم وهو ما يحتاج إلى أنظمة إضاءة وتشغيل وإنذار وحماية حتى وإن كان المتحف موجود داخل المدينة النائية مما يستلزم توفير الطاقة الكهربية الكافية لتحقيق هذه المستلزمات وتمثل أنظمة التحذير والإنذار في الأماكن الهامة عنصرا في عددا من المظاهر الأساسية نتناولها في السطور التالية.



الشكل رقم 9-13 : منحنى الأحمال اليومي

تتنوع أنظمة الإنذار وتشكل مكونين تبعا للتقنية المستخدمة ولكنها جميعا تتشابه في إصدار إنذارا صوتيا وكذلك ضوئيا وفي الحالات الهامة تقوم بعمليات تأمين لما يتبع هذه الإنذارات. ويجدر بالذكر أنه لا يجب تشغيل أنظمة الإنذار من مصدر الكهرباء العمومي، وذلك لأنه عند انقطاع مصدر الكهرباء إما عن طريق الصدفة أو بالقصد فإن النظام سوف يتوقف عن العمل، لذلك ينصح بتغذيتها من البطاريات المستقلة والخاصة بها والتي يتم شحنها من مصدر الكهرباء العمومي بصفة دائمة وتغذي ويكون عند الجهد 12 فولت وهي تتنوع إلى:

1- أنظمة إنذار إلكترونية
2- أنظمة إنذار كهرومغناطيسية

وتتكون الأنظمة البسيطة من:

أ) أجهزة الاستشعار ومنها نوعان رئيسيان هما :

الأول: أجهزة الاستشعار الخطية

(Linear detection devices)

تشمل أجهزة الاستشعار هذه على:

1- الريش التقاربية المغناطيسية magnetic contacts

إنها عبارة عن أنبوبة زجاجية بداخلها ريشة من المعدن (مفتوحة أو مغلقة كهربيا)، وعند اقتراب مغناطيس دائم من هذه الريشة تتغير حالتها كهربيا، ويجب وضع الاحتياطات اللازمة لحماية الأنبوبة الزجاجية للريشة المغناطيسية من الكسر.

الجدول رقم 9-2 : بيانات محطات التوليد في المدن الكبرى المرتبطة بالشبكة الموحدة

اسم المحطة	النوع	عدد الوحدات × القدرة	إجمالي (م . و)	سنة التشغيل
عتاقة	بخارية	300×2+150 ×2	900	89 , 87 ,85
عيون موسى	بخارية	320 × 2	640	2001
أبو سلطان	بخارية	150 × 4	600	86 , 84 ,83
السويس الحرارية	بخارية	97×1+22 ×4	185	91 ,65
العريش البخارية	بخارية	30 × 2	60	96-95
محطة الشباب	غازية	33.5 × 3	100.5	82
بورسعيد	غازية	20×2+25 ×1	65	84
السويس الغازية	غازية	17 ×1	17	75
إجمالي القدرة المركبة لجميع المحطات بالجدولين			3124.913	

2 ـ مفاتيح نهاية المشوار

منه طرز مختلفة مثل مفتاح بكرة طويلة أو صغيرة أو بذراع ويمكن استخدام هذه المفاتيح مع الأبواب والنوافذ بنفس طريقة الريشة المغناطيسية.

3- زجاج الإنذار Alarm Glass

يستخدم هذا الزجاج في النوافذ ويحتوي بداخله على شعيرات ناعمة من النحاس ، فبمجرد كسر الزجاج تنقطع الشعيرات النحاسية هذه ويحدث الإنذار.

4- الأنظمة الضوئية Optical System

تتكون هذه الأنظمة من مرسل ومستقبل ومرآة عاكسة حيث يقوم المرسل بإرسال شعاع غير مرئي (أشعة تحت الحمراء) وتقوم المرآة بعكس هذا الشعاع ليصل إلى المستقبل وعند انقطاع مرور الشعاع الضوئي بمرور شخص يتم تغيير وضع الريشة المفتوحة الموجودة بالمستقبل وتصبح مغلقة وتعمل على تشغيل دائرة الإنذار كما أنه

يمكن زيادة المساحة المحمية بواسطة النظام الضوئي باستخدام مجموعة من المرايا، ويثبت كلاً المرسل والمستقبل على ارتفاع 6 سم من الأرضية.
جدير بالذكر انه لا ينصح استخدام هذا النظام خارج الصالات،حيث انه يمكن أن يعطي إنذارا كاذبا نتيجة قطع الشعاع بأي كائن غير المتسللين كالقطط والفئران.

5- دائرة التحكم.

6- جهاز الإشارة (بوق – رنان)

هناك نوعان من هذه الأجهزة وهما:
أبواق تصدر أصواتا عالية خارج صالات العرض أو جهاز يتصل مباشرة بقسم البوليس بالمنطقة حيث توجد دائرة إنذار إلكترونية مباشرة تعطي رسالة مسجلة مسبقا مفادها أن هناك حادث ما بالمنشأة المعينة، وبعد زمن تأخير يحدث إنذار صوتي بواسطة بوق موضوع خارج الصالة.

7- متمم كهربي

8- البطارية

إنها إما بطاريات حمضية أو قلوية حيث تملأ البطارية الحمضية بحامض الكبريتيك المخفف (H_2SO_4)، والذي تكون كثافته عند الشحن الكامل للبطارية حوالي (1.285 كجم / لتر) عند درجة حرارة 20° م، وعند التفريغ الكامل تصل كثافته إلى (1.145 كجم / لتر)، كما أن تركيز الحامض المستخدم يجب أن تكون في حدود 37.5 % ويبلغ تيار الشحن العادي للبطارية 10% من سعة البطارية بالامبير ساعة (أ. س.)، فإذا كانت سعة البطارية (70 أ. س.) فإن تيار الشحن العادي يساوي 7 أ. ويصل جهد الخلية عند الشحن الكامل إلى حوالي 2.7 ف. وعند التفريغ الكامل حوالي 1.8 ف. بينما لبطاريات النيكل كادميوم (cad–Ni) خواص ممتازة بالمقارنة مع الحمضية خصوصا مع الأحمال ذات القدرات المنخفضة مثل: أنظمة الإنذار المستخدمة في المنشآت السكنية والإنذار ضد الحريق ونظام الأمن العام حيث تمتاز هذه البطاريات بإمكانية شحنها مرات متعددة كما أنها لا تحتاج لإضافة ماء أثناء الشحن ويكون جهد خلية النيكل كادميوم المحملة حوالي 1.2 ف. حيث أن جهدها عند الشحن الكامل يعادل 1.35 – 1.4 ف وتكون الخلية مفرغة تماما عندما يكون جهدها 0.9 ف. كما أن تيار الشحن يساوي تقريبا 10%.

الثاني: أجهزة الاستشعار الحجمية

Volumetric detection devices

يوجد العديد من أجهزة الاستشعار الحجمية نذكر منها:
نظام فرق الضغط حيث يعتمد على وجود فرق ضغط بين المنطقة المحمية والخارج, ويتكون من مروحة شفط ومفتاح تحكم ودائرة تحكم، وهو قادرا على حماية منطقة حجمها في حدود 850 م^3 وتعمل هذه المروحة باستخدام الكهرباء العمومية, لحماية أحجام صغيرة يمكن استخدام مروحة تعمل ببطارية كما يجب وضع كل المروحة ومفتاح فرق الضغط على الجدار الداخلي للموقع حتى لا يحدث إنذار كاذب عن تغير الظروف الجوية الخارجية.

المشكلات في شبكات المدن
PROBLEMS IN CITY NETWORKS

تتباين الجوانب السلبية في الشبكات الكهربية عموما وتلك الشبكات الخاصة بالمدن علي وجه الخصوص ومع ذلك يمكننا وضعها في إطارين هما:

الإطار الأول: الفقد في الشبكة *Power Loss in networks*

يتم توزيع الطاقة الكهربائية داخل المدن كما ذكر من قبل من خلال مكونات شبكات الجهد المتوسط والمنخفض، ولذلك نجد أن الفقد من اهم المشكلات التي تعترض تشغيل الشبكة حيث يأتي الفقد في الطاقة نتيجة الفارق بين اجمالي كمية الطاقة الكهربائية الواردة من (محطات المحولات ومحطات التوليد) وبين اجمالي كمية الطاقة المباعة والتي تتحدد رياضيا بالصورة:

$$\text{نسبة الفقد} = \frac{\text{الطاقة الواردة (المشتراه)} - \text{الطاقة المباعة}}{\text{الطاقة الواردة}} \qquad (1\text{-}10)$$

الفاقد العام بشبكات التوزيع ما زال بعيدا عن المستوى العالمي الذي لا يتعدى نسبة 6% وترجع اسباب الفقد بصفة عامة الي:

1- أعمال فنية ناتجة عن سريان الطاقة الكهربائية خلال مكونات شبكات التوزيع وخصائص تلك المكونات ومدى مناسبتها لكمية الطاقة المارة بها

2- اسباب تجارية عن عدم دقة قياس الطاقة سواء المشتراة أو المباعة

3-أسباب إجتماعية تتعلق بالمستوى الإجتماعي لبعض الفئات داخل المجتمع وهو ما قد يؤدي إلي زيادة في قيمة الفقد نتيجة سرقة التيار دون سداد ثمن السلعة (الطاقة).

تتناول الجزء الهندسي من هذا الفقد وهو الفقد الفني داخل أجزاء الشبكة بالمدينة في الفصل الحالي، حيث يأتي الفقد في شبكات الجهد المنخفض والمتوسط أي في خطوط وكابلات الجهد المتوسط والمنخفض أثناء مرور التيار ويهتم الدراسة بها لأن التيار هو المؤثر الأعلي لأن الفقد يتناسب مع مربع قيمة التيار ويزيد نتيجة زيادة الأحمال الإستهلاكية أو الإنخفاض في معامل القدرة أو الجهد فنيا.

تعتبر عملية تشغيل المولدات من أهم الموضوعات الرئيسية المؤثرة في تشغيل الشبكة الكهربائية لرفع الاعتمادية فيها مما يضع كل المعاملات المتعلقة بتشغيل المولدات علي قمة الأساسيات التي تحدد الشكل الهندسي لمستوى أداء الشبكات الكهربائية عموما وفي المدن بوجه خاص، ولما كانت إجراءات تشغيل المولدات وتوصيلها إلي الشبكة أو فصلها عنها تعتمد علي مستوى الأحمال العاملة فيها في تلك اللحظة مما يجعل أسلوب توزيع الأحمال في مقدمة هذه المؤثرات والتي تحتاج إلي المزيد من التحليل والبحث وصولا إلي التشغيل الأمثل. أن النظرة إلي دراسة سريان الأحمال تحتاج إلي إضافة توزيع الأحمال من خلال وضع منحنيات الأحمال داخل العملية البحثية.

من أجل الوصول إلي التشغيل الاقتصادي الأمثل للشبكة الكهرباقية خصوصا في شبكات التوزيع وخصوصا في المدن.

لا يتوقف التشغيل الاقتصادي للشبكة الكهربائية علي مكوناتها فحسب تبعا للعمليات الحسابية المحددة لهذا الغرض وبالأسلوب المعتاد بل يشمل تكلفة كل المعوقات أو الملحقات والمساعدات اللازمة لأداء هذا التشغيل علي الوجه الأمثل فإذا تحدد تشغيل وحدة معينة بعينها في فترة ما فلا بد من أن تكون جاهزة للتشغيل في ذلك الوقت أو عند الاحتياج لها، وهذا التجهيز يمر بالعديد من المراحل المتتابعة خصوصا بالنسبة للمحطات الحرارية وبالتحديد المحطات البخارية وهو الأمر الذي يحتاج إلي الوقت والمجهود والمال مما يرفع التكلفة الكلية لتشغيل الوحدة بدرجة غير مدرجة في المعادلات الرياضية المستخدمة وفي حزم البرامج الحاسوبية المتعلقة بهذا الموضوع علي الجانب الآخر نجد المحولات الكهربائية قابعة في أماكنها تنتظر التوصيل من خلال المفاتيح CB والسكاكين Isolators الخاصة بها وهو ما يمكن أن يتم فوريا تقريبا وبالمثل خلايا الخطوط والمغذيات ولهذا تختلف طريقة دراسة تطوير وتحسين أداء الشبكات الكهربائية باختلاف الغرض من الدراسة والجزء من المنظومة التي تشمل الأجزاء الثلاثة الآتية:

1- المولدات Alternators التي تعمل مع الأحمال المطلوبة سواء كانت تلك الدائمة من الشبكات الرئيسية للتوليد أو تلك الطارئة التي تعمل في ذات الموقع الذي به الأحمال وكذلك مصادر التغذية الأخرى Power Sources.

2- شبكات النقل والتوزيع Transmission & Distribution شاملة الخطوط الهوائية فائقة وعالية الجهد بجانب الخطوط الهوائية والكابلات الأرضية متوسطة الجهد ثم تلك الكابلات الشائعة في شبكات التوزيع بالإضافة إلي أجهزة الخدمة الملحقة بها

3- الأحمال المختلفة الرابضة علي أطراف الشبكة حيث تستلم الشبكة تلك الطاقة من مصادر توليدها وتسلمها للأحمال عند نقاط تواجدها وعلي ذلك فإن شبكة التوزيع تتأثر بكل من مصادر توليد القدرة (المولدات) وقضبان استهلاك الطاقة (الأحمال).

في حالة المولدات يكون الهدف هو خفض كمية القدرة غير الفعالة Reactive Power المطلوبة منها التي تناظر قدرة فعالة معينة أما في حالة الأحمال ومنها المحركات فإن الهدف يصبح خفض كمية القدرة غير الفعالة التي تطلبها تلك المحركات من مصدر التغذية وكذلك يؤدي ارتفاع معامل القدرة سواء عند المولدات أو الأحمال أو في المواقع المختلفة بالشبكة إلي تحسين أدائها منعكسا علي ثلاث نقاط جوهرية نسطرها في البنود التالية.

إن رفع معامل القدرة يسمح بخفض تحميل الشبكة release of system capacity مما يسمح بزيادة قدرتها علي استيعاب أحمال إضافية لنفس القدرات المتاحة وذلك يقصد بتعبير "إزاحة الشبكة release of system capacity" أنه مع رفع قيمة معامل القدرة تقل قيمة التيار الكلي المار في الشبكة فتنخفض لذات القدرة الفعالة المطلوبة مما يسمح بإضافة أحمال جديدة عليها، ونظرا لان شبكة التوزيع لها قيمة قصوى من الاستطاعة علي حمل التيار فان أي وسيلة لخفض التيارات المارة في أجزائها عن طريق منع أو خفض القدرة غير الفعالة المنقولة تزيد بالفعل من إزاحة الشبكة مما يسمح بدورة من إمكانية إضافة أحمال جديدة عليها، كما توجد العديد من الوسائل التي نستطيع من خلالها تحديد مقدار خفض تحميل الشبكة عن طريق رفع قيمة معامل القدرة وتحسينه سواء من خلال التحسين أو منع الخفض للقدرة المستغلة ومنها:

أولا: إزاحة معامل القدرة P. F. Displacement

COS θ_1 (لتعيين مقدار إزاحة الشبكة بدلالة معامل القدرة الابتدائي (Chart) نستخدم هذه الطريقة مجموعة منحنيات
) ونعطي مثلا لكيفية التعامل مع مجموعة المنحنيات في الشكل للحصول علي مقدار COS θ_2 ومعامل القدرة النهائي (
القدرة المتاحة عند تحسين معامل القدرة ورفعه فمثلا نفترض أن حمل المنظومة 1 م. ف. أ علي 0.7 معامل

قدرة متأخر وأنه قد تم إضافة مكثفات بقدرة غير فعالة مقدارها 480 ك فار لتحسين معامل القدرة إلى 0.9 وتمثل الكمية 480 ك فار نسبة 48 % من الحمل الأصلي للمنظومة 1 م. ف أ. مما يعني أن يمكن زيادة تحميل الشبكة بنسبة 28.5 % على نفس معامل قدرتها الأصلي 0.7 وبنفس الكيلو فولت أمبير الأصلي دون زيادة 1 م.ف أ. أما معامل القدرة النهائي بعد إضافة قدرة غير فعالة 480 ك فار فهو 0.9 تقريبا ويمكن التحقق من ذلك حسابيا على سبيل المثال حيث أنه في حالة المنظومة وقبل تركيب المكثفات والقدرة (700 ك. و.، 714 ك. ف. أ.، 1 م. ف. أ. بمعامل قدرة 0.7) فنجدها بعد إضافة المكثفات مع زيادة التحميل بنسبة 28.5 % فتكون القدرة الفعالة P هي:

$$P = 700 + (700 \times 0.285) = 900 \text{ kW}$$

بينما نحصل على القدرة غير الفعالة Q بالقيمة

$$Q = 714 + (714 \times 0.285) - 480 = 437 \text{ kVAR}$$

ثانيا: مونوجرام معامل القدرة Monogram

في هذه الطريقه يمكن تعيين العلاقة بين القدرة الفعالة والقدرة غير الفعالة عند قيم مختلفة لمعامل القدرة فعن طريق رسم خط مستقيم بين القدرة الفعالة ومعامل القدرة يمكن تعيين قيمة الكيلو فولت أمبير الرناظر، وعلى سبيل المثال نجد أن قدرة فعالة مقدارها 80 ك. و. على معامل قدرة(0.65) تحتاج إلى 123ك ف ا. بينما تحتاج نفس القدرة الفعالة إلى 89ك ف ا إذا ارتفع معامل القدرة إلى 0.9 أي أن كمية تعويض الشبكة تساوي 34ك ف أ.

جدول(10-1) : النسبة (ك. فار/ك ف ا) من الطاقة المرحلة (%)

أصلي	معامل القدرة المحسوب										
	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00
0.95	-	-	-	-	-		3.374	3.587	3.873	4.314	5.947
0.94	-	-	-	-	-	3.508	3.210	3.397	3.644	3.816	5.366
0.93	-	-	-	-	2.824	2.934	3.110	3.233	3.451	3.779	4900
0.92	-	-	-	2.633	2.723	2.825	2.946	3.094	3.287	3.575	4541
0.91	-	-	2.487	2.553	2.635	2.722	2.835	2.968	3.143	3.395	4.229
0.90	-	2.346	2.407	2.479	2.553	2.638	2.739	2.858	3.011	3.240	3.970
0.89	2.243	2.296	2.332	2.413	2.475	2.558	2.649	2.575	2.896	3.100	3.742
0.88	2.195	2.241	2.293	2.350	2.413	2.484	2.566	2.665	2.792	2.974	3.543
0.85	2.053	2.908	4140	2.186	2.238	2.293	2.354	2.431	2.524	2.661	3.608
0.80	1.878	1.909	1.939	1.969	2.002	2.041	2.083	2.133	2.196	2.283	3.528
0.75	1.735	1.753	1.775	1.797	1.820	1.846	1.876	1.910	2.952	2.008	2.164

ثالثا: القدرة غير الفعالة Reactive Power

تعتمد هذه الطريقة على منحنيات القدرة حيث يقدم الجدول 10-1 لتنفيذ هذه الطريقة بين موقع تقاطع معامل القدرة الأصلي مع الكمية المراد إضافتها إلى سعة الشبكة ثم تصل إلى قيمة معامل القدرة المطلوب تحقيقه (الجدول 10-1) لتعيين قيمة الكيلو فار اللازمة لكل كيلو فولت أمبير من مقدار الخفض في سعة الشبكة. لتوضيح ذلك نفترض شبكة عليها حملا كاملا على معامـــل قدرة 0.75 وتحتاج إلى سعة إضافية تخدمها 20 % زيادة في الحمل الأصلي حيث يمكن زيادة سعة هذه الشبكة عن طريق رفع معامل قدرتها إلى 0.93 ومن الجدول(10-1) وذلك يحتاج 1.797 ك. ف. أ. ر. / ك. ف. أ. من سعة الشبكة.

رابعا: معدل التغير في القدرة الكلية Change Rate

تستخدم هذه الطريقة معدل التغير ΔS المطلوب في القدرة الكلية S عند معامل قدرة أصلي [COS φ] من خلال إضافة مكثف يمتص القدرة غير الفعالة Q رياضيا لتقدير كميته لإزاحة الشبكة بصورة تقريبية نتيجة لتركيب مصدر لتحسين معامل قدرتها.

خامسا: مصادر التحسين Improvement

يتم تحسين معامل قدرة أي منظومة أو حمل عن طريق خفض كمية القدرة الردية المطلوبة من مصدر التغذية ولهذا يجب مراعاة العوامل التالية:

1) مدى اعتمادية الجهاز للعمل دون أعطال أو انخفاض في جودة الأداء.
2) تفاصيل تعريفة أسعار الطاقة الكهربية وحدود الغرامة أو التميز.
3) العمر الافتراضي للجهاز.
4) تكاليف التشغيل
5) تكاليف الصيانة
6) متطلبات المكان وسهولة التركيب.
7) ظروف المنظومة من حيث عدد الأوجه (أحادية – ثنائية – ثلاثية) وطبيعة عملها.
8) انعكاس التأثير علي البيئة
9) تكاليف الشراء والتركيب
10) طريقة التعويض المطلوبة.

الإطار الثاني: الأخطاء بالشبكة Faults in networks

تنطوي الأخطاء الكهربية بشكل عام علي كلا من الأخطاء البشرية وتلك الفنية بحيث نتطلع إلي التوصل إلي أداء عالي بعول مرتفع للشركات الكهربية وخاصة تلك المغذية للمدن حيث التعامل البشري المستمر والذي يزيد فيه الإعتماد علي الطاقة الكهربية يوما بعد آخر. نستطيع التعامل مع بعض الأسس الجوهرية من أجل التعامل مع أداء الشبكة الكهربية من الناحية الفنية بصورة موجزة.

أولا: تحسين الجهد Voltage Improvement

تبدأ الأخطاء الفنية حيث التعامل أو استخدام معدات أو أجهزة لها خصائص إنخفاض معامل القدرة ومن ثم يكون مهما تنظيم الجهد voltage regulation علي القضبان المختلفة بالشبكة خصوصا عند أحمال الاستهلاك حيث يستعان بمصادر القدرة غير الفعالة في خطوط النقل لتنظيم الجهد بصفة أساسية والتي ترفع الجهد لهبوط الجهد الذي يعتمد بدوره علي قيمة التيار. أما في شبكات التوزيع الصناعية أو المدارس الصناعية والتي بها العديد من الورش فاستخدام مكثفات بهدف رفع الجهد فقط لا يمكن تبريره اقتصاديا حيث توجد طرق أخرى أقل تكلفة وأسهل استعمالا ولكنها تعمل علي تحسين معامل القدرة يضيف ميزة إضافية هي تحسين تنظيم جهد تلك المنظومات ويرتبط كل من معامل القدرة والتيار وتنظيم الجهد معا بحيث أن التغير في أي واحد منهم يؤثر علي الآخرين.

يعرف تنظيم الجهد R % بأنه التغير النسبي في جهد مصدر التغذية E المصاحب لتيار الحمل I . ويحدث تنظيم الجهد بسبب الهبوط في الجهد خلال المعوقة (Z) الحاملة للتيار من مصدر التغذية إلي نقطة الحمل.

الناتج عن مرور تيار قيمته أمبير واحد dV تعكس قيمة مساهمة القدرة الفعالة في هبوط الجهد R COS φ وأن الكمية تعكس قيمة مساهمة القدرة غير الفعالة في هبوط الجهد الناتج عن مرور تيار قيمته أمبير X sin φ وكذلك الكمية تتحدد بقيمة القدرة غير الفعالة و sin φ في نفس الوقت، مع ملاحظة أن φ واحد وعلي ذلك فان تنظيم الجهد يعتمد علي تتحدد بقيمة القدرة الفعالة. من الدراسات الواقعية علي معظم الشبكات نجد أن COS φ

الكمية $X \sin \varphi$ أكبر عدة مرات (من خمس إلي 10 مرات) من القيمة $R \cos \varphi$ لأن المفاعلة أكبر كثيرا عن المقاومة ويكون تنظيم الجهد متأثرا بالقدرة غير الفعالة مما يستلزم خفضها وصولا إلي الحل الأمثل المؤثر في خفض تنظيم الجهد ويمكن كتابة المعادلة بدلالة المركبة الفعالة للتيار I_p والمركبة غير الفعالة I_q (أ). كما يمكن دائما التحكم في تنظيم الجهد والوصول بقيمته الى الصفر عن طريق استخدام مصدر للقوة غير الفعالة يوصل على التوازي مع الحمل ويجب الانتباه جيدا إلي انه لا يمكن لمصدر القدرة غير الفعالة التحكم في معامل القدرة وتنظيم الجهد في آن واحد ويرجع إلي ارتباط كل من معامل القدرة وتنظيم الجهد مع القدرة غير الفعالة بطريقة مستقلة عن آخر. وللحصول علي تنظيم جهد يساوي الصفر $(dV = 0)$ يجب أن تكون الكمية $(R I_p - X I_q)$ مساوية للصفر، بمعني وجود مركبة غير فعالة لتيار الحمل، مما يعني أن معامل القدرة هنا قد تحدد سلفا تبعا لقيمة كل من $[I_p]$; $[I_q]$ والعكس صحيح، فإن التشغيل علي معامل قدرة الوحدة مثلا يجعل $(I_q = 0)$، مما يعني وجود قيمة للكمية dV وقد تحددت بالفعل.

ثانيا: خفض الفاقد الفني في الشبكة *Loss Reduction*

إن خطأ في تنفيذ البرامج الصيانية أو في التعامل مع الشبكة يؤدي إلي المزيد من الفاقد الفني في الشبكة. ويمكن التوصل إلي خفض الفاقد loss بتقليل التيار وبالتالي الفاقد الذي يتناسب مع مربع قيمة التيار. ومن ثم بخفض القدرة غير الفعالة المارة في الشبكة يقل تيار الشبكة وإذا اعتبرنا أن القدرة الفعالة لا تتغير كما هو الحال عادة فإن معامل القدرة يتحسن (يرتفع) بانخفاض قيمة القدرة غير الفعالة، وعندما تصبح القدرة غير الفعالة مساوية للصفر يصبح معامل القدرة مساويا للوحدة 100%، حيث تحتاج أحمال المحركات التأثيرية إلي مركبة تيار فعال مقدارها 80 أ، ولكن لأن تلك المحركات تحتاج إلي مركبة تيار غير فعال 60 أ فيصبح التيار الكلي المار بشبكة التغذية هو مجموع المتجهات للمركبتين بمقدار 100 أمبير ومعامل قدرة 0.8 متأخر.

نفترض الآن أنه قد تم تركيب مكثف أو أي مصدر للقدرة غير الفعالة علي التوازي مع الحمل. يلبي هذا المصدر متطلبات الحمل من المركبة غير الفعالة للتيار 60 أ، ويصبح المطلوب من شبكة التغذية هو مركبة التيار الفعال فقط 80 أمبير ويمر في تلك الشبكة تيار مقداره 80 أمبير بمعامل قدرة يساوي الوحدة، أما إذا قل التيار المغذي للمحرك من المكثف فيتم الاستعاضة عن الفرق من الشبكة الكهربية، وبهذا فلا توجد استطاعة capacity ضائعة في الشبكة تستهلك في حمل القدرة غير الفعالة، والطريقة المستخدمة في تحسين معامل القدرة هو استعمال المكثفات في الوفاء بالقدرة غير الفعالة اللازمة للأحمال ونلاحظ أن توصيل مصدر القدرة غير الفعالة بهذه الطريقة لا يؤثر علي أداء المحرك في شيء حيث يظل المحرك يعمل بنفس مركبتي التيار السابقتين حيث تغير تيار التغذية القادم من الشبكة فقط ، بانخفاض قيمة التيار المار في الشبكة نتيجة لتحسين معامل القدرة فإن الفاقد بالشبكة ينخفض تبعا لذلك وهو أحد المكاسب الثانوية لعملية تحسين معامل القدرة ويظهر هذا المكسب بصورة محسوسة في الشبكات التي تحتوي علي كابلات أو مغذيات feeders طويلة تغذي أحمالا ذات معاملات قدرة منخفضة.

ثالثا: الأخطاء السلوكية

تنتشر في بعض الدول النامية وتلك التي تحاول النمو بعض السلوكيات البشرية التي قد تسيء إلي القدرات الفنية علي كافة الأصعدة ومنها الشبكات الكهربية وبالتالي تنعكس علي الشبكات الكهربية بالمدن وهو ما يمكن وضعه في بعض النقاط علي سبيل المثال وليس الحصر بينما يمكننا بالقياس نتوصل إلي بقية العوامل الشبيهة والتي يجب التخلص منها عند تشغيل الشبكات الكهربية عموما وفي المدن خاصة.

1- أطراف الموصلات

لكل من الموصلات والكابلات وغيرها نهايات مختلفة تبعا للجهد وللمكان ولأسلوب الأداء ولهذا يلزم اتباع المقننات القياسية في التعامل مع الشبكات الكهربية ومن أبسط هذه التقنيات تأتي أطراف الموصلات والتي يجب أن تكون

بتقنية عالية الجودة للحصول علي الكفاءة المقننة كي لا يكون هناك من العواقب الوخيمة بالرغم من بساطة المطلوب فنجد أن النهايات الطرفية للموصلات النحاسية علي سبيل المثال (جدول رقم 10- 2) قد بينت مقننات هذه الأطراف اللازمة عند التوصيل سواء مع روزيتة أو بلوحات التوزيع أو لغير ذلك من أنواع التوصيلات. تكون هذه الأطراف من الأهمية للحفاظ علي كثافة الموصل بقيمتها الكلية دون إنتقاص في ما لو كان التوصيل بأسلوب البرم مثلا فيكون السلك أو الموصل من النوع المضفر (المشعر) وبالتالي قد تنقطع شعرة أو أكثر في عملية البرم ولن تأتي بخطأ مباشر إلا عند الأحمال المقننة للموصل حيث أن الواقع لقطر الموصل علي طول مساره هو القطر المقنن وبالتالي يتحمل التيار المقنن ولكنه عند نقطة التلاحم إذا ما انقطعت شعرة أو أكثر فيقل القطر وبالتالي مقنن التيار ومن ثم لن تتحمل الوصلة القيمة المقننة للتيار الكلي في هذه البقعة فقط من الدائرة.

الجدول رقم 10- 2: مقنن النهايات النحاسية لأطراف الموصلات النحاسية (مم)

شدة التيار، أ	قطر فتحة تركيب مسمار الربط	قطر الموصل	شدة التيار، أ	قطر فتحة تركيب مسمار الربط	قطر الموصل
15	4.8	4.8	150	15	12
30	6.6	6.6	200	17.5	14.3
60	8.7	7.9	300	20.6	17.5
100	11.1	9.5			

من هذا الجدول نري أن هذه النهايات يتم تثبيتها علي أطراف الموصلات بأسلوب الضغط الشديد كي تعطي التلامس الجيد دون الشرارة وكذلك نوعية الأطراف مع نوعية الموصل.

2- الطول الأقصى للكابل

تظهر هذه التقنية من أهم المعاملات خصوصا عند التعامل مع الشبكات الكهربية في المدن فنجد أن أطوال الكابلات أو الموصلات ذات علاقة بأداء الأجهزة عند الأطراف ومن ثم يكون هاما إتباع المواصفات المقننة في هذا الشأن (الجدول رقم 10- 3). يظهر من الجدول أن طول الكابل يتأثر بالقطر أي المقاومة وبالتالي بقيمة الهبوط في الجهد عند نهاية الكابل وهو ما ينعكس علي كفاءة أداء الأجهزة العاملة عند هذا الطرف وكذلك علي عمرها التقني ولهذا يجب الإلتزام بهذه المقننات وهو ما يدعونا إلي وضع مركز توزيع الأحمال في المدن بأن تكون في المركز الهندسي للأحمال الكهربية بناء علي جميع الطرق المتبعة والتي جاءت في الفصول السابقة بهذا الكتاب.

من الناحية الأخري نجد أن مقنن المصهر يختلف قليلا عن مقنن الكابل وهو ما يوجهنا إلي وضع الاحتيازات الإنتقالية أو تقنيات تشغيل المصهر مع القصر كي يكون الكابل أو الموصل آمنا عند مواجهة أية أخطاء في الشبكة. كما أن هذه المقننات تعتمد علي نوعية العزل المستخدم في الكابل فنري هذه المقننات للكابلات المطاطية في الجدول رقم 10- 4 بالرغم من أن الاختلاف بسيط يكاد لا يذكر أحيانا. نلاحظ أيضا أن المقننات القياسية تتوحد في كثير من الحالات بالرغم من أنه قد تعطي الحسابات النظرية أرقاما مخالفة ولكننا دائما نجد أن المقننات القياسية في جميع الأحوال تحاول التخفيف من كثرة الأرقام القياسية وتحاول دائما أن تضع أرقاما موحدة لأكثر من مستوي.

3- توصيلات التأريض

نظرا لأهمية أسلوب التأريض بشكل عام وما يزيد من أهميته القصوى عند التعامل مع الأفراد نجد أن المواصفات القياسية تحدد القيمة المطلوبة للتيارات سواء تلك المستديمة أو الأخرة التي تمر عابرة أثناء الأخطاء العابرة (الانتقالية) والتي تتحدد بمدة ثانية واحدة ولكنها خطيرة بالرغم من قلة زمنها لأن لها قيما مرتفعة فتعطي من جهد التلامس قيما خطيرة قد تؤدي إلى الوفاة وتهتم جميع المواصفات القياسية الدولية والمحلية بهذه النقطة ومن ثم نضع مثالا من مقننات هذه التيارات في الجدول رقم 10- 5 والتي توضح أن القيم التيارية بالكيلو أمبير مع تلك التيارات العابرة لمدة ثانية واحدة وهذه التأريضات هامة كي تمنع من ارتفاع الجهد عند نقط التلامس مع الأفراد.

الجدول رقم 10- 3: مقنن أقصى طول للكابلات المسلحة يقابل أقل قيمة جهد عند الأطراف

مقطع مم2	المقنن عند 45م (أ)		أقصى طول كابل لهبوط الجهد (م)		
	أقصى حمل	سعة المصهر	5 ف	8 ف	10 ف
1.5	15	20	20	30	40
3	20	25	30	50	60
4	30	35	30	50	60
6	40	50	30	50	60
10	50	60	40	65	80
16	70	80	45	70	90
25	90	100	55	90	110
35	110	125	60	100	140
50	150	160	67	100	140
70	180	225	78	120	150
95	220	260	87	130	180
120	250	300	96	150	200
150	300	3590	100	150	200
185	340	350	110	160	200
240	400	430	120	180	250

من هذا الجدول نستطيع أن نتوصل إلى هذه التيارات تأتي بجهد عالي على الأسطح المعدنية في حالة عدم وجودها أو إذا ما كانت المقاومة عالية لهذه موصلات التأريض ومن هنا كان مقنن الحد الأدنى لمقطع موصلات التأريض المستخدمة لتوصيل خط التعادل مع الأرضي النقطي بالشبكة (الجدول رقم 10- 6).

الجدول رقم 10- 4: مقنن أقصى طول للكابلات المطاطية

مقطع مم2	المقنن عند 45مْ (أ)		أقصى طول كابل لهبوط الجهد (م)		
	أقصى حمل	سعة الم صهر	5 ف	8 ف	10 ف
1	5	10	40	65	75
1.5	7	15	40	65	80
3	13	20	50	80	100
4	17	25	50	80	100
6	23	35	50	80	100
10	30	50	65	100	130
16	40	60	80	125	150
25	55	80	90	150	180
35	70	100	100	165	200
50	100	110	110	180	200

الجدول رقم 10-5: التيارات المقننة القياسية لموصلات التأريض بالشبكات الكهربية

مقطع مم 2	تيار دائم لموصل من (أ)			تيار لمدة ثانية واحدة (ك.أ)		
	صلب	أولومنيوم	نحاس	صلب	أولومنيوم	نحاس
16	-	-	150	-	-	2.5
25	-	160	200	-	2.7	4
35	-	200	280	-	2.7	5.5
50	150	250	480	3.2	5.3	8
70	180	320	590	4.7	7.4	11.5
100	240	430	780	6.7	10.5	11.6
200	420	760	1280	12.5	20	22.5

الجدول رقم 10- 6: أدنى مقطع لموصلات التأريض (مم 2) لتوصيل خط التعادل بالشبكة تبعا لمقطع الطور

الطور	الموصل	الطور	الموصل	الطور	الموصل
1.5	1.5	25	16	150	70
2.5	2.5	35	16	185	95
4	4	50	25	240	120
6	6	70	35	300	150
10	10	95	50	400	185
16	16	120	70		

جدير بالذكر أن موصلات التأريض تتعامل في ذات الوقت مع الموجات الصاعقية وهي بذلك تتواكب مع هذه الصواعق لتغطية التيارات الناجمة عنها ويعطي الجدول رقم 10- 7 البيانات الفنية عن الصواعق شائعة الحدوث.

الجدول رقم 10- 7: البيانات الفنية عن الصواعق (القيمة المقننة)

البيان	الأقصى	الأدنى	الشائعة
التيار (ك. أ.)	300 – 200	0.5	حتى 20
الشحنة (كولوم)	100	0.5	حتى 20
طول الموجة (ميكرو ثانية)	100	أقل من 10	30 – 10
وقت الواجهة (ميكرو ثانية)	80 – 90	أقل من 1	10 – 1.5
معدل ارتفاع المقدمة (أ/ ميكرو ثانية)	50 000		5000
عدد الموجات	20	1	3 – 2
مدة تفريغ الشحنات (ث)	1.33		0.6 – 0.2

أن التيار المحسوب يخضع للمعادلة:

$$\text{التيار} = \frac{\text{معامل ثابت} \times \text{مقطع سريان تيار الصاعقة}}{\text{طول الموجة}} \qquad (10\text{-}2)$$

هذا المعامل الثابت يتوقف على نوعية المعدن المصنوع منه الموصل المار به تيار الصاعقة وهو يتحدد بالقيمة العملية الموضحة بالجدول 10-8.

الجدول رقم 10-8: قيمة المعامل الثابت

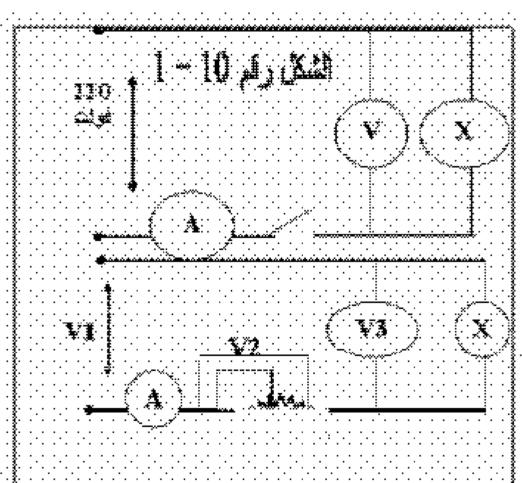
المعدن الموصل	حديد	ألومونيوم	نحاس
قيمة الثابت	115 - 438	200 - 230	300 - 330

10-1: لوحات التوزيع Switch Boards

تتكون لوحات التوزيع من مغذيات دخول وخروج وروابط قضبان ويتم توصيل القدرة المرسلة من محطات المحولات إلى لوحة التوزيع عن طريق خلية (مغذي الدخول) بجهد 11 ك.ف أو 22 ك.ف حسب الأحوال، ثم يتم نقل هذه القدرة عن طريق قضبان التوزيع إلى مغذيات الخروج ومنها إلى نظم توزيع الشبكة في المدينة (كابلات أو خطوط هوائية) ويتم ربط المغذيات "الخلايا" مع بعضها عن طريق ربط قضبان التوزيع لكل الخلايا معا بواسطة مسامير بصواميل ويتم توصيل القدرة بالجهد المقنن في خلية الدخول عن طريق ربط علبة نهاية الكابل بأطرافها الثلاثة على محولات التيار وخرج محولات إلى دخول القاطع وخروج القاطع إلى قضبان التوزيع فيدخل في ذلك عدة رباطات ميكانيكية لكل من: علبة نهاية الكابل - محولات التيار دخول قاطع التيار - نهايات التوصيل الخارجية للقاطع - نقط التلامس داخل القاطع ثم رباطات قضبان التوزيع.

أولا: الفقد الكهربي Electric Loss

عند توصيل قاطع التيار (الملامسات الثابتة والمتحركة) يمر تيار كهربائي تعتمد شدته على قيمة الأحمال الموصلة بالدائرة بفرق جهد معين وعادة تصنع الملامسات من النحاس أو سبيكة معدنية تتقل من قيمة المقاومة التي تمرر التيار الكهربي عند فتح القاطع (أو السكينة) ينتج قوس كهربي نتيجة لشدة التيار المار ويسبب تسخين لنقط التلامس فترتفع درجة الحرارة إلى أكثر من 2500°م على نقط التلامس ويحدث أكسدة (أكسيد النحاس) وترسيب كربون عليها خصوصا وأن أكسيد النحاس موصل غير جيد للتيار الكهربي، وإذا تكرر ذلك للقاطع مرة أخرى يتكون أكسيد النحاس ويسبب عدم التوصيل الجيد وزيادة المقاومة بسبب القوس الكهربي. فمثلا من الدائرة في الشكل رقم 10-1 ومع توصيل مصباح 100 وات على جهد 227 فولت متردد نجد أن شدة التيار 0.45 أمبير ويكون توصيل الحمل عن طريق سكينة (مفتاح)، وعند الفصل نرى القوس الكهربي على نقط التلامس ونتيجة الفصل والتوصيل المتعدد ولارتفاع درجة حرارة نقط التلامس بسبب تأثير القوس الكهربائي يتكون الكربون- أكسيد نحاس على نقاط تلامس السكينة.ويتغير السكينة إلى مقاومة متغيرة نجد أنه عندما تكون المقاومة المتغيرة (صفر) يكون التيار المار 0.45 أ حيث (V1=227 V, V2 = 0, V3 = 227 V) ثم بتحريك المقاومة المتغيرة (مثلما يحدث من كربون وأكسيد النحاس على الملامسات) يقل التيار إلى 0.39 أمبير حيث V1=227 V, V2 = 50 V, V3 = (177 V)؛ أي أن التيار يقل عند المصدر ويقل الجهد على الحمل نتيجة للمقاومة الناتجة على أطراف التلامس مسببة فقدا في الجهد وبالتالي فقدا في القدرة (أي في الطاقة) والذي يظهر في صورة حرارة، وبزيادة مقاومة الملامسات تزيد القدرة المفقودة وتزيد الحرارة على نقاط التلامس مما قد يؤدي إلى انهيار عزل السكين أو القاطع مسببا قصرا وبالتالي انهيار السكينة أو القاطع.



لذلك يجب ... منع تأثير القوس الكهربي المتطاير عن طريق تقليل زمن القوس وقطع (سرعة) وذلك باستخدام موصلات متعددة الوسط بين ملامسات القواطع حيث وسائل قطع الشرارة تتنوع [illegible] في الجهد المتوسط إلى:

1. استخدام الزيت في [illegible] القاطع الزيتي
2. استخدام الوسط المفرغ من الهواء في القاطع المفرغ
3. استخدام الغاز في القاطع الغازي لسادس فلوريد الكبريت
4. استخدام الهواء في القاطع الهوائي
5. استخدام الهواء المضغوط في القاطع مدفع الهواء.

فمثلاً عند تسليط الجهد 400 فولت على أطراف الدخول للقاطع ومرور تيار 300 أمبير، وعند توصيل الملامسات الداخلية للقاطع (وضع التوصيل)، وبقياس الجهد على أطراف الخروج وجد أن الجهد بين الأوجه 398 فولت وليس 400 فإن ذلك يعني

الفقد في القدرة = الفقد في الجهد × التيار المار في القاطع (3-10)

من ثم نحصل على قيمة الفقد في هذه الحالة وهو 600 قدرة. أما الفقد في الطاقة فهو

الفقد في الطاقة = الفقد في القدرة × زمن مرور التيار الشراري (4-10)

في هذه الحالة وعند مرور هذا التيار لمدة 12 يوميا وبهذا يكون هذا الفقد في الطاقة يوميا 12×600 أي 7200 ف.أ.س، يصبح الفقد في الطاقة شهريا هو 7200×30 يوم أي 216 ك.ف.أ.س.
هذه الطاقة مفقودة شهريا في قاطع واحد وبما أن لوحة التوزيع تحتوي على عدة قواطع وفيها عدة رباطات مما يزيد القدرة والطاقة المفقودة في لوحات التوزيع كلها. ولتجنب حدوث هذه الطاقة المفقودة يجب إزالة الكربون – أكسيد النحاس المتكون على الملامسات والتأكيد على الرباطات الجيدة وذلك بعمل الصيانة الجيدة للقواطع والسكاكين والرباطات الجيدة للموصلات دوريا حسب الجداول المفرزة والأصول الفنية للصيانة.
لبيان تأثير القوس الكهربي بين ملامسات القاطع (المتحركة والثابتة) ولتوضيح سبل إطفاء القوس الكهربي نحتاج التذكرة بأن الأجسام الصلبة والسائلة أو الغازية تتكون من جزيئات على هيئة ذرات لها نواة والكترونيات تدور

حولها وعادة الجزيئات والذرات المتعادلة كهربيا أي أن الجزيئات والذرات المشحونة الموجبة والسالبة متساوية في الحالة المستقرة . هذه الأجسام يمكن أن تتأين ما عدا الغازات الخاملة كما أن الجسيمات المشحونة مثل الايونات والالكترونات تنشط مع درجة الحرارة وتزيد سرعة الجزيئات في الحرارة العالية وتصطدم مع بعضها وعند درجة حرارة 3000 ° كلفن (2500 ° م) تنقسم الجزيئات إلى جزيئات وذرات صغيرة وتسمى هذه العملية بالتفكك وعند درجة الحرارة 6000 ° كلفن تتأثر القوة الداخلية التي تربط الالكترونات بالنواة وتسبب هروب الالكترونات وتصبح الذرة مشحونة ويلحق الإلكترون بالذرات المتعادلة أو يصبح حرا وتسمى هذه الحالة بالتأين . وبزيادة درجة الحرارة تتغير عمليات التأين وتصل إلى حالة البلازما أي إلى تأين الغاز وتتكون البلازما من جزيئات مشحونة وموصلية البلازما تعتمد على عدد الايونات لكل وحدة حجم. البلازما هي الوسط الموصل للتيار الكهربي ويعتبر الوسط غير متأين وسط جيد العزل كذلك تفكك الغاز يعتبر عازل كهربي والغاز المتأين وسط موصل. وفي قواطع التيار تكون المسافة بين الملامسات متأينة للأسباب الآتية:

1 -التأين الحراري للغاز.
2 -التأين بواسطة تصادم الجزيئات.
3 -الإشعاع الحراري من أسطح الملامسات.
4 -الإشعاع الثانوي من أسطح الملامسات.
5 -مجال الإشعاع من أسطح الملامسات.

يمثل القوس الكهربي الشرارة الكهربي بين ملامسي القاطع وهو يعبر عن التفريغ الكهربي الذاتي بين نقاط التلامس في الغازات أو البخار وله فقد في الجهد أيضا على الكاثود . ويسري التيار الشراري من نقطة التلامس خلال الغاز عندما ينفصل نقطتي التلامس تدريجيا في حالة تسليط جهد مستمر على الموصلات وتسمى هذه الظاهرة بالتفريغ في الغازات - وقد سبق التنويه عنها من قبل عند الحديث عن الإضاءة - حيث أنه أثناء تفريغ القوس الكهربي يكون الجهد عبر الموصلات صغير والتيار عالي والتيار محدد بواسطة مقاومة خارجية ويقل الجهد على القوس الكهربي كلما زاد التيار ويحدث تفريغ ذاتيا للقوس عندئذ نتيجة العلاقة بين الجهد والتيار للقوس الثابت . أما شكل القوس الكهربي في قواطع التيار المتردد يتبع المنحنى المبين في الشكل 10-2 حيث يكون الجهد والتيار على القوس الكهربي معا بزاوية واحدة حال تغلب مقاومة القوس وعندما يصل التيار إلى الصفر ينعكس إتجاه الجهد وتوجد طريقتان لإطفاء القوس الكهربي:

الطريقة الأولى: مقاومة صغيرة Small Resistance

المقاومة الصغيرة يتم إطفاء القوس عند قيمة الصفر للتيار.

الطريقة الثانية: مقاومة كبيرة High Resistance

هي المقاومة العالية ويكون إطفاء القوس الكهربي بزيادة مقاومة القوس وتستخدم في قواطع التيار المستمر مثل القواطع الهوائية.

لكي نحد من تأثير القوس الكهربي لابد من تقليل زمن حدوثه وقطع دائرة بسرعة جدا بوسائل الإطفاء المختلفة:

1- التيار المقنن Standard Current

أ) التيار المقنن العادي لقاطع التيار يكون تيار (RMS) الذي يمكن أن يتحمله القاطع باستمرار ويكون ارتفاع درجة الحرارة في الأجزاء المختلفة للقاطع داخل الحدود المسموحة (جدول رقم 10- 9).

ب) يفضل أن يكون تيار (RMS) طبقا للمقنن 400 , 360 ، 800 ، 1520 ، 1600 ، 2000 ، 2500 ، 3150 ، 4000 أمبير.

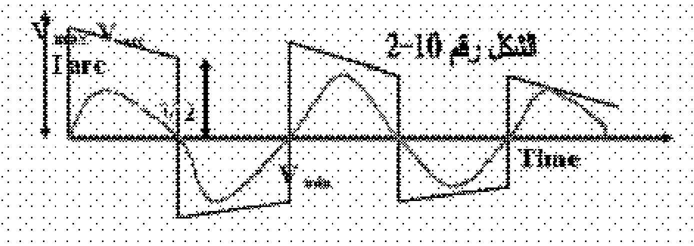
ج) تصميم الملامسات والأجزاء الحاملة للتيار في غرفة القطع داخل الحدود المسموحة لارتفاع درجة الحرارة بها وارتفاع درجة الحرارة لمساحة مقطع معين يعتمد على الموصلية للمعدن.

د) استخدام المعدن ذو الموصلية العالية للأجزاء الحاملة للتيار ويجب أن تزيد مساحة المقطع للمعادن ذات الموصلية المنخفضة.

جدول رقم 10- 9: درجات الحرارة المسموحة لأجزاء القاطع (درجة الحرارة المحيطة 40° م)

نوعية الملامسات	أقصى درجات حرارة (° م)	ارتفاع درجات الحرارة
ملامسات نحاس مطلي بالفضة خلال الهواء	105	65
ملامسات نحاس غير مطلي بالفضة خلال الهواء	75	35
ملامسات نحاس مطلي بالفضة خلال الزيت	90	50
ملامسات نحاس غير مطلي بالفضة خلال الزيت	80	40
الزيت في القواطع الزيتية	80	40
نقاط التوصيل للقواطع مطلية بالفضة	105	65
نقاط التوصيل للقواطع غير مطلية بالفضة	90	50
الأجزاء المعدنية للملامسات بدرجة عزل الزيت	100	60

هـ) تجنب استخدام المعادن ذات المغناطيسية في الدوائر المغلقة لمنع الحرارة الناتجة عن المفاقيد الحديدية والتيارات الإعصارية.



الشكل رقم 10-2

و) يتحقق التيار المقنن للقاطع باختبار ارتفاع درجة الحرارة جهة التوصيل.

2- ارتفاع درجات الحرارة Temperature Rise

تتم الاختبارات على القواطع ومعدات لوحات التوزيع مثل العازلات وقضبان التوزيع حيث يمر التيار المتردد بقيمة مقننة وبتردد معين خلال توصيل القاطع باستمرار بدرجات حرارة محددة ويتم قراءة درجة الحرارة في مناطق متعددة على الموصلات R_t والأجزاء المعزولة لأزمنة مختلفة لمدة ساعة و نصف ساعة وعند وصول درجة الحرارة إلى أقصى قيمة لها في كل جزء، ويجب أن تكون أقل من درجات الحرارة المسموح بها طبقا للجدول 10-9. في هذه الحالة يمر التيار المقنن العادي I ويتولد حرارة على الأجزاء الحاملة للتيار طبقا للعلاقة:

$$\text{الفقد} = \text{مربع التيار} \times \text{المقاومة الكهربية} \qquad (5\text{-}10)$$

جدول 10-10: بيان صيانة الملامسات وغرفة إخماد الشرارة

نوع قاطع التيار	غرفة إخماد الشرارة		تغيير الملامسات		K? I^2n
	تشغيل عادي	علي قصر	تشغيل عادي	بقصر	عدد المرات
هوائي	-	-	3000	15 -10	-
كثير الزيت	2000	6	2000	6	2000
قليل الزيت	1000	2	1000	6	1000
بدفع الهواء	-	-	15000	25	15000
غازي SF_6	5000	25	15000	25	15000
مفرغ (مخلخل)	-	-	20000	100	20/20000 سنة

هذه الحرارة تنتقل بالموصلية ومنع انتقال الحرارة بالحمل وبالإشعاع ولكي تظل درجات الحرارة داخل الحدود المسموح بها يجب أن يقل الفرق في قيمة الفقد بزيادة مساحة مقطع الموصل وكذا باستخدام معادن ذات مقاومة نوعية منخفضة أو بتحسين انتقال الحرارة بالحمل والموصلية والإشعاع. يتم هذا الاختبار (اختبار الفقد بالملي فولت) بأن يقاس الفقد في الجهد على قطب القاطع بقيم مختلفة للتيار المستمر ويعطي الفقد في الجهد قياسا لمقاومة الأجزاء الحاملة للتيار والملامسات، ويجب أن يكون التيار المستمر أكثر من 100 أمبير وأقل من التيار المقنن للقاطع ويجب أن تقاس مقاومة القاطع في درجة الحرارة المحيطة (الهواء) وتكون قيمة المقاومة عشرات قليلة من الميكروأوم.

ثانيا: صيانة لوحات التوزيع *Switch Board Maintenance*

يجب أن تتم الصيانة للأجزاء السابقة مثل قضبان التوزيع والعوازل ووسائل الفصل مثل القواطع والسكاكين الأرضي والكونتاكتورات والأجزاء المتحركة ومحتويات القاطع طبقا لكل عملية فصل تفقد الملامسات بعضا من أجزاء المعدن ويحدث تحلل لها في غرفة إخماد القوس الشرارى ونتيجة لهذا تترسب مواد جديدة على الأجزاء العازلة فتؤدي إلى الإنهيار وانهيار الملامسات والعوازل الداخلية وهذا التأثير يتناسب عكسيا مع I^2n حيث I هو تيار الفصل بالكيلو أمبير، n عدد مرات الفصل وبعد عدد مرات معينة تحتاج الملامسات وغرفة الشرارة إلى صيانة أو تغيير ويعتمد قيمة المعامل K على نوع القاطع والشركة الصانعة طبقا للجدول رقم 10-10. أما بالنسبة لمكونات القاطع والتي تحتاج إلى رعاية أكبر فيجدول لجدول قم 10-11 البيان الخاص بالملامسات مع تنوع نوع القاطع مع التنويه عن أن عمر الملامسات يزيد بشدة مع إنخفاض قيمة التيار المقطوع.

جدول رقم 10-11: يبين صيانة الملامسات

نوع القاطع	عمر الملامسات (عدد مرات)	
	التشغيل العادى المقنن	حدوث قصر
مفرغ	10000	100 - 50
غازى	4000	25 -15
قليل الزيت	1000	6 -3
هوائى	1000	6 -1
بدفع الهواء	4000	25 -15

أما الملامسات فتختبر ميكانيكيا لأنها تعتمد على ضغط التلامس الميكانيكي ولذا يكون ضغط التلامس مهما جدا ويكون لقاطع تيار الجهد المتوسط حوالى 5كجم ، ويتم الاختبار بواسطة الفلر 0.002 بوصة بين نقط التلامس وبقياس مقاومة التوصيل 20 ميكروأوم للقاطع 1200 أمبير - أو حوالى 15 ميكروأوم للملامسين، وإذا كانت نقاط التلامس محترقة أو سيئة فيجب تغييرها وإذا وجد نقر أو أثر كربون يتم نظافتها بصنفرة ورق - ناعمة - ثم يتم إزالة أى آثار على النظافة ولا يتم تزييت الملامسات بعد ذلك.

2-10: المحولات Transformers

نضع موضوع المحولات في محورين حيث نتناول الفقد الكهربي هندسيا وكذلك الأخطاء العملية والهندسية الشائعة والممكنة كما يلي:

أولا: الفقـــد الكهربي Electric Loss

يتحدد الفقد الكهربي في المحولات عموما في شقين هما:

1- الفقد في القلب الحديدي للمحول ويسمي بفقد الحديد (Iron Losses) أو (Core Losses) ويتم تحديدة من خلال إختبار اللاحمل (No Load Test) وهو ثابت لجميع أحمال المحول وتتوقف قيمتة على كفاءة تجميع القلب ونوعية الشرائح المصنوع منها القلب وكذلك نوعية العزل الخاص بهذه الشرائح وكذلك يعتمد على سعة المحول.

2- الفقد في ملفات المحول ويسمى بفقد النحاس (Cupper Losses) ويتم قياسه بتجربة القصر على الجهد المنخفض وتختلف قيمتة حسب قيمة التيار المار بالدائرة وسوف نتعرض لتأثير هذا الفقد مع عوامل التشغيل المختلفة.

يتم حساب نسبة الفاقد النحاسي في المحولات بالمعادلة الآتية:

$$\text{نسبة الفقد النحاسي} = \frac{\text{القدرة المفقودة}}{\text{قدرة المحول}} \qquad (6\text{-}10)$$

تؤكد المعادلة (6-10) أن نسبة الفقد تتغير كنسبة بتغير أربعة عوامل هي التيار I والجهد V ومعامل القدرة cos Φ بجانب المقاومة المكافئة للمحول، وهناك مقننات قياسية لهذا الفقد كما نراه في الجدول رقم 10- 12.

الجدول رقم 10- 12: معدلات الفقد الكلي لبعض المحولات في شبكات المدن

قدرة محول ك.ف.ا	نسبة الفقد %	قدرة محول ك.ف.ا	نسبة الفقد %
من 25 إلى 100	3 - 3.75	من 100 إلى 500	2.2 - 3

من ذلك يتضح أن رفع المحولات الصغيرة من الشبكة وإحلال محولات قدراتها أعلى يساهم في تقليل نسبة الفقد ويقتصر تركيب المحولات صغيرة القدرة على التجمعات النائية والصغيرة فقط. مع نسبة الفقد الكلي بالنسبة لتغير حمل المحولات مع ثبات معامل القدرة والجهد وجد أن أقل نسبة للفقد في المحولات عند تحميل المحول من 40 – 80% من الحمل المقنن للمحول، وإن نسبة الفقد الكلي تزداد زيادة مرتفعة عند تحميل المحول أكثر من 100%. أما تغير نسبة الفقد الكلي مع تغير معامل القدرة عند الحمل الكامل والجهد المقنن فيظهر ان انخفاض معامل القدرة الى 0.5 يضاعف من نسبة الفقد الكلي للمحول وعلية يلزم دائما الاهتمام بتحسين معامل القدرة كما تم الشرح من قبل وذلك عن طريق:

1 -الاهتمام بدراسة تركيب مكثفات بشبكة الجهد المتوسط.
2 -تركيب مكثفات للمشتركين قوي محركة جهد منخفض (مثل ماكينات اللحام).
3 -تركيب مكثفات بلمبات الصوديوم المركبة بالإنارة العامة.
كما يتضح زيادة نسبة الفقد الكلي للمحولات كلما قل قيمة الجهد وعليه يلزم رفع الجهد وذلك عن طريق استخدام مغير الجهد في المحول.

ثانيا: الأخطاء الهندسية Engineering Faults

أصبح استخدام المحولات الكهربية الكبيرة أو الصغيرة أمراً ضرورياً ومألوفاً للجميع ، ومن خلال الدراسة والإشراف ومتابعة ما يتم بصيانة هذا النوع من الآلات الكهربية خاصة تلك المستخدمة في محطات الرفع والخفض والمتصلة بشبكة التوزيع بالمدن. فتعامل شبكات المدن مع محولات رئيسية بجهد من 220 كيلو فولت إلى 66 كيلو فولت ، وبقدرة في حدود 100 - 40 ميجا فولت أمبير ومحولات طرفية تحول من 11ك . فولت إلى 0.4 أو 3.3ك . فولت – بقدرة في متوسطها حوالي 2 ميجا فولت أمبير.
من تحليل ودراسة طرق وبرامج الصيانة الخاصة بالمحولات وجد أن لابد من إجراء الفحوصات والاختبارات الكهربية المختلفة بالدقة المطلوبة حتى لاتقع أضرارا أو عواقب وخيمة، وعند تجميع المحول وبعد تركيبه ولكن قبل تشغيل في الشبكة الكهربية بالمدينة يلزم ملاحظة الأمور التالية:

الجدول 10-13: بيان بالأعطال للنوع الأول I (صوت غير عادي) وطرق علاجها

الكشف	السبب	العلاج
سماع اكثر من مكان في جسم المحول حتى يمكن تحديد المكان المطلوب باستخدام قطعة صلبة من الخشب أو مادة عازلة أو مسماع يوضع على المحول عند أماكن مختلفة لتحديد مكان العطل في داخل جسم المحول. فالأجزاء المعدنية على جسم المحول. يجب ايضاً التأكد من انها ليست مصدر الصوت غير العادي	صوت خارجي، مسمار أو صامولة على جسم المحول، أو لوحة بيان المحول أو جزء معدني مفكوك صوت صادر من داخل المحول: لارتخاء في ملفات المحول القديم أو لوجود تفريغ شراري	مراجعة جميع التربيطات على جسم المحول: مسمار صامولة - في حالات المحولات الصغيرة إذا كان هناك امكانية فتح المحول فإن يمكن اعادة مسك الملفات ومراجعة التربيطات الداخلية. للمحولات الكبيرة يفضل الرجوع للصانع

1- صوت المحول.
2- مستوى الزيت ولونه وخلوه من الشوائب.
3- سلامة العوازل الخارجية والتأكد من استمرارية الأرضي.
4- التأكد من ربط المصهرات وصحة وجودة عمل أجهزة الحماية.
5- جودة ربط مخارج الملفات وتوزيعها السليم على الأوجه الثلاثة وعمل مفتاح تحويل الضغط للرفع أو الخفض.
6- تسجيل درجة حرارة المحول عند التشغيل وكذا كل 10 دقائق من التشغيل للتأكد من صحة عمله ولمدة 3 أيام.
7- إختبار الزيت للتأكد من قوة عزله الكهربي ومكوناته الكيماوية وملاحظة مستوى الزيت ولونه.

النوع الأول: الأخطاء الميكانيكية (Mechanical)

تنحصر الأخطاء الميكانيكية للمحولات في ترسيب الأوساخ والأوحال والطين والأتربة وغيرها على السطح الداخلي للأناء أو خزان المحول أو قد يحدث لسطح الأناء انبعاج أو تآكل [Abrasion & Wear] أو ثقوب أو شروخ، مما يسبب تسرب لزيت التبريد الخاص بالمحول، كذلك قد يحدث كسر [Fracture & Rupture] في اللحامات الموجودة في الخزان أو جسم المحول ، أو شرخ في انبوبة بيان الزيت الزجاجية، مما يسبب عدم وضوح مستوى الزيت الحقيقي بالمحول. كذلك يمكن أن يحدث كسر أو شرخ في العوازل الخاصة بالأطراف المصنوعة من الصيني Bushings ، كذلك عند تفريغ الزيت قد يظهر صدأ [Corrosion] على الأسطح الداخلية، مما يسبب في تغيير خواص الزيت [Oil Properties] الكيميائية، وقدرته على امتصاص الشرارة [Sparking] وهذه المشكلات قد تؤدي إلى تفكك الملفات داخل المحول.

الجدول 10-14: بيان بالأعطال في المحولات (النوع الثاني II درجة حرارة غير عادية)

خطوات تحري العطل	السبب	العلاج
ارتفاع درجة حرارة المحول خلال 10-24 ساعة تشغيل - يتم تسجيل درجة حرارة الزيت - تقاس درجة حرارة الحجرة في وضعين، على ارتفاع حوالي متر و 0.5متر من الارض - اذا كان المحول يسخن بعد فترة زمنية صغيرة نسبياً، فإن منسوب زيت المحول يكون قد انخفض في الخزان الاحتياطي أو توجد غازات متجمعة او في حالة اشتعال جهاز الوقاية الغازية نتيجة تجمع غازات غير قابلة للاشتعال، مصحوباً بالانذار - سخونة غير عادية لأحد الاطراف (يتم التأكد بعد فصل المحول) .	تجاوز الحمل. التهوية غير جيدة بحجرة المحول. حدوث قصر بين عدد من مخدات الملفات قصر بالقلب الحديدي اطراف غير جيدة الربط	تقليل حمل المحول حسب التيار المقنن. تحسين التهوية المستخدمة بحجرة المحول. إذا لم يحدث فصل لقاطع التيار (نتيجة اشتعال جهاز الوقاية الغازية) أو لم تفصل مصهرات الجهد العالي فيجب فصل المحول بسرعة - تؤخذ قياسات مقاومة العزل الآتية (أوم): (بين كل وجهين والأوجه مع الأرض بواسطة ميجر لمعرفة أي تغير) - قياس تيار اللاحمل (3 - 10% من التيار المقنن) - مراجعة للأطراف الخارجية اما اذا كان العطل بالأطراف الداخلية فيفضل الاتصال بالصانع

النوع الثاني: الأخطاء الكهربية (Electrical)

تظهر هذه النوعية من الأخطاء في ضعف مقاومة العزل [Insulation] أو انهياره بين الملفات الجزئية للملف الواحد، أو انهيار اسطوانة العازل بين طبقات الضغط العالي والضغط المنخفض، وكذلك انهيار العازل بين نهايات الملفات والقلب الحديدي للمحول، أو حدوث قصر بين أحد الأجزاء الحاملة للتيار والإناء الحديدي خلال طبقة رقيقة من الزيت. أي انهيار في سطح عموماً أو جسم المادة العازلة بسبب احتراق أجزاء من الملفات تستلزم إعادة لفها وعزلها لإصلاح المحول، كذلك يمكن أن تكون الأخطاء في اجهزة حماية ووقاية المحول ذاتها، مما يسبب خطورة كبيرة على المحول أثناء التشغيل.

النوع الثالث: الأخطاء المغناطيسية (Magnetic)

تنحصر هذه الأخطاء في التواء القلب الحديدي، وينتج ذلك عن انهيار المادة العازلة بين شرائح القلب الحديدي انهياراً كلياً أو جزئياً، وقد ينتج من التربيط الخطأ للمسامير في القلب، أو تكون هذه المسامير غير معزولة أو الربط والضغط ضعيف (ليس قويا) أو مفكوك أو عدم ربط المسامير أو تحطمها. يتسبب ذلك كله في احتراق القلب الحديدي نتيجة الحرارة الشديدة الناتجة من المفاقيد الحديدية في القلب، وتعالج هذه الأخطاء بعد رفع القلب الحديدي من الإناء، وكذلك الملفات وتفصل الملفات تماما، ويعاد مرة أخرى تركيب القلب الحديدي وربطه جيداً بمسامير معزولة.

الجدول 10-15: بيان بالأعطال المكملة في المحولات وطرق علاجها (الحالة الثالثة III الأخطاء Faults)

خطوات تحرى العطل	السبب	العلاج
فصل قاطع التيار أو فصل مصهرات الجهد العالي ومراجعة مصدر التغذية الجهد متساوي في حالة اللاحمل ولكنه مختلف في حالة الحمل، يوجد تجميع غازات في جهاز الوقاية الغازية الجهد مختلف في حالة اللاحمل (هذه الحالة للمحولات Yy أو Yz) - جهاز الوقاية الغازية لم يعمل. قطع أحد ملفات محول	قصر بالملفات - انهيار في عزل الملفات أو أحد النهايات - توصيلات غير جيدة في أطراف مغيرات الجهد أو الملفات الداخلية - قطع في الملف الابتدائي- جهد غير متساوي. - قطع في الملفات - عدم تساوي جهود الملف الثانوي	الاتصال بالصانع - تحديد العطل بقياس المقاومة بالميجر - بحث عن الطرف المفتوح- فتح المحول للتأكد من سلامة الملفات.

ثالثا: اعطال المحولات Failure

هناك مدي واسع النطاق لتلك الأعطال التي قد تحدث مع المحولات وهي محددة بإيجاز في ما يلي:

1 - أعطال نتيجة سوء التصنيع.

2- عدم القيام بأعمال الصيانة الوقائية للمحولات والتي تشمل:

أ) اختبار عزل الزيت.

ب) استكمال الزيت داخل المحول.

ج) تفتيش ظاهري للعوازل الكهربية.

د) مراجعة الرباط لقضبان التوزيع (ناحية الجهد المنخفض)

3- زيادة الاحمال عن الاحمال المقننه للمحول.

4- وجود قصر قريب من المحول وعدم انصهار مصهرات الجهد المنخفض أو المتوسط لوجود عيب بها أو وجود تشعيرات من الاسلاك بدلا من المصهرات.

لتلافي حدوث هذه الاعطال (جداول من رقم 10- 13 إلي رقم 10-16) يجب الالتزام بالآتي:

1- ضرورة اجراء اعمال الصيانة الوقائية للمحولات طبقاً للبرنامج المحدد لاجراء اعمال الصيانة والالتزام بتعليمات الصيانة.

2- قياس احمال المحولات في اوقات الحمل الاقصي (الذروه) بصفه دورية وعدم السماح بتجاوز احمال المحولات لـ 80% من المحمل المقنن إلا عند الضرورة وإعتبارها حالة طوارئ وإتخاذ كافة الإجراءات الوقائية الهامة.

3- تركيب المصهرات المقننة للجهد المتوسط وكذلك الجهد المنخفض بطريقة سليمة ومناسبة لمقنن المحول وقدرته وطبقاً لاحمال المغذيات.

4-عدم السماح بتركيب تشعيرات من السلك بدلاً من المصهرات.

10-3: شبكات التوزيع

كما سبق الفصل في البند السابق للفقد وللأعطال والأخطاء نكرر نفس المنوال بالنسبة للكبلات:

أولا: الفقد الكهربي بالكابلات Electric Loss

الفقد في الكابلات أساسا مع تواجد الأحمال عليها في المحاور الاتية:

المحور الأول: الحرارة المتولدة بالكابل Generated Heat

تعتمد الطاقة الحرارية المتولدة داخل الكابل على الوسط المحيط وعلى رمي الكبلات المباشر في التربة ولذا يجب مراعاة مواصفات وضع الكابلات حيث ان تشتيت الحرارة تعتمد على وضع الكابلات وعلى الوسط المحيط، لذلك يجب مراعاة الاتي:

1 - وضع 10 سم رمل ناعم ومنظيف تحت وفوق الكابل للمساعدة على تشتيت الحرارة بالتربة.

2 - في حالة وضع أكثر من كبل في حفرة واحدة يجب أن لاتقل المسافة بين أي كابلين عن 20 سم افقيا أو رأسيا (الشكل رقم 10-3).

3 - يجب معرفة درجة الحرارة للتربة ويدون ذلك في خريطة الكابلات بحيث يكون مجموع درجة حرارة الكابل أثناء الحمل الكامل ودرجة حرارة التربة أقل من 90م.

الجدول 10-16: بيان بأعطال مكملة في المحولات (انذار من جهاز الوقاية الغازية)

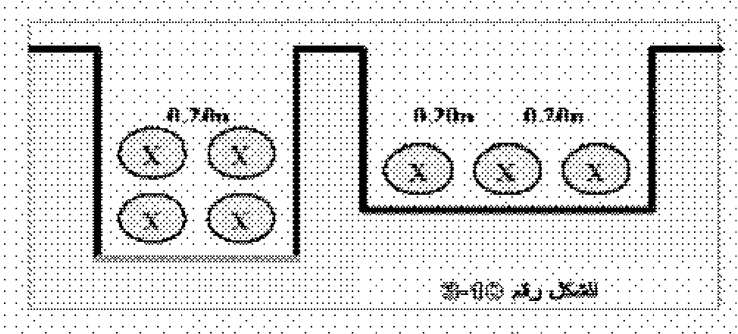
خطوات تحري العطل	السبب	العلاج
فتح الصمام العلوى لجهاز الوقاية الغازية، خرج الغازات ببطئ امام ثقاب مشتعل. الغازات تشتعل مع الشعلة أو يحتوى على هواء فقط	التسريب يفقد المحول كمية من الزيت، ينخفض منسوب الزيت في الخزان الاحتياطي وجهاز الوقاية الغازية، وقد يرجع انخفاض الزيت الى انخفاض درجة الحرارة.	يحدد مكان تسريب الزيت بفصل المحول – يتم لحام الجزء المتسبب لتسريب الزيت، يتم ملء زيت جاف بالمحول حتى مستوى الزيت بمبين الزيت، ثم تنظيف جميع النهايات قبل تشغيل المحول.

جدول 10-17: مقننات التحميل للكبلات المتلاصقة

عدد الكابلات في مجرى واحد	1	2	3	4	5	6
أقصى حمل للكبل%	100	90	80	75	70	65

4 -تأريض الكبل جيدا من الطرفين لتفريغ التيارات الدوامية وكذلك تيار القصر كما سبق الشرح بالتفصيل، وتتمثل مواصفات الحفرة قياسيا بالأبعاد : (العمق 80سم والعرض 30 : 40سم) وفي حالة وضع أكثر من كابل في الحفرة يتم زيادة العرض بمعدل 20 سم لكل كابل.

عند تجاور الكابلات متلاصقة فإنه يتم التحكم في عدم ارتفاع درجة الحرارة عن طريق التحميل (جدول 10-17).

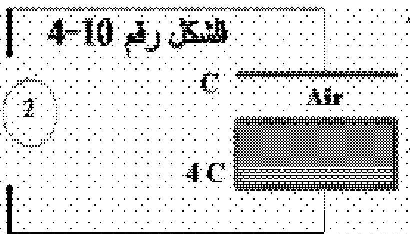


الشكل رقم 10-3

المحور الثاني: تأثير التيار الكهربي Current Effects

عند مرور التيار الكهربي في الموصل داخل الكابل فإنه ينشأ عن مرور التيار الكهربي مجال كهربي ومجال مغناطيسي، وفيما يلي نضع كل تأثير بصورة موجزة في السطور التالية.

النوع الأول: تأثير المجال الكهربي Electric Field



الشكل رقم 10-4

يظهر المجال الكهربي عن تواجد جهد كهربي ولكن التيار وبالتالي يؤثر في حالة اللاحمل لأنه لا يعتمد على التيار أو التردد، وهذا التأثير ناتج عن وجود فرق الجهد على الكابل بين الموصل الحامل للتيار والغلاف المعدني المؤرض. ويتضح تأثير المجال الكهربي في أن المواد العازلة تتعرض لقوى عظمى تكون قادرة على كسر العزل. ويشتد المجال الكهربي على العزل عند أي نقطة من مكونات الكابل ويتدرج وأقصى تدرج للجهد يكون على الطبقة الملاصقة للموصل وأقل تدرج للجهد يكون على الغلاف المعدني المؤرض كما سبق الشرح.

كلما اتجهنا من الموصل إلى الغلاف فإن الجهد يقل حتى يصل إلى صفر وبهذا يتم تحديد سمك العزل ولهذا تأتي خطورة الإقلال من سمك العزل عند عمل الوصلات مما قد يخل بتدرج الجهد على العزل.

في حالة زيادة الجهد على الكبل في الدائرة الكهربية المبينة في الشكل رقم 10-4 يظهر تأثير المجال الكهربي أولا عند النقطة (2) وتحدث شرارة كما يؤدي تركيز خطوط المجال إلى ارتفاع درجة في هذه النقطة ثم إلى انهيار الكابل. ويكون المجال الكهربي عموديا على طول مسار الكابل وعند إزالة الغلاف المعدني وشبه الموصل فتتركز خطوط المجال في نقطة ترتفع عندها درجة الحرارة وتكون قادرة على كسر العزل ويتم تسمى Peak Point.

معالجة ذلك أما بزيادة سمك العزل في المنطقة أو وضع مادة أخري فوق العزل تكون مقاومتها **Permittivity** كبيرة لكسر خطوط المجال وتسمي حوارف المجال.

النوع الثاني: تأثير المجال المغناطيسي *Magnetic Field*

تتولد تيارات دوامية في جسم اي موصل معرض لمجال مغناطيسي متغير وأي تغير في التدفق المتواصل يصحبه قوة دافعة كهربية مستحثة ذاتيا حيث أن المعادلة هي ثابت التناسب بين وصلية التدفق والتيار المنتج لها وتأثير هذه التيارات الدوامية برفع درجة حرارة الكابل كما أن هناك تأثير آخر في حالة اللاحمل ناتج عن تردد المجال. لتقليل هذه التأثيرات يتم وضع فازات الكابل علي شكل مثلث لتحقق محصلة المجال = صفر وعلي هذا يجب عدم استعمال اي مواد مغناطيسية في حالة العمل علي الكابلات فلو استعمل قافيز حديد مثلا فان المجال المغناطيسي سوف يقطع هذا القافيز ويتحول الي مغناطيس دائم حيث ان الحديد يستبق المغناطيسية ,ينتج عن المغناطيسية المتبقية تيار مغلق في الحلقة الحديدية مما يرفع من درجة حرارة الكابل ولهذا تصنع جميع مكونات الكابل من مواد غير مغناطيسية.

النوع الثالث: التأثير الحراري Thermal Effect

الحرارة الناتجة داخل الكابل تعتمد علي العوامل الاتية:

1 -المفاقيد النحاسية I^2R .
2 -الفقد في العزل.
3 -الفقد في الغلاف المعدني والتسليح.

ثانيا: الأعطال بالكابلات Faults

نظرا لأن الكبلات هي المحور الرئيسي للأعطال في شبكات المدن ولأنها تتصل بالعديد من الأدوات فنتناولها كما لو كانت هي من أهم اسباب اعطال شبكة الجهد المنخفض حيث نجدها كأسباب هي:

1- تعرض مهمات الإتلاف المركبة بالنظام المفتوح (داخل المدن) لحوادث القصر.
2- انتهاء العمر الافتراضي للكابلات.
3- عدم اتباع الطرق الصحيحة لمد الكابلات مما قد يتسبب في قصر عمر الكابل.
4- تعرض الكابلات للاصابة نتيجة اعمال الحفر من الغير.
5- زيادة الاحمال علي المغذيات مما ترفع من التحميل الحراري علي العزل فيقصر عمر الكابل.
6- تعرض المهمات لبعض السرقات (مثل المصهرات – البارات ...) وخصوصا النحاسية منها.
7- العبث بصناديق التوزيع (من قبل المشتركين) أو غيرهم.
8- هبوط التربة بسبب مياة الصرف الصحي والأمطار.
9- سوء الصناعة أو التركيب في انشاءات الكابلات وصناديق التوزيع.

أما عن الأعطال المحتمل حدوثها علي قضبان توزيع الجهد المنخفض (شاسية الجهد المنخفض) فأهمها:

1- سقوط احد بارات الجهد المنخفض وذلك نتيجة لعدم احكام الرباط (مسمار الرباط).
2- وجود قصر بين البارات وبعضها نتيجة لمرور احد الزواحف علي قضبان التوزيع (شائعة).
3- سوء ترتيب وضع القضبان (قضبان توزيع الجهد المنخفض) بحيث تتعرض لاهتزازات عنيفة عند حدوث قصر نتيجة لعوامل القوي الكهرومغناطيسية.

علي الجانب الآخر يمكننا تلافي حدوث هذه الأعطال إجراء الآتي:

1- احكام رباط المسامير بين قضبان التوزيع الموصلة بالمحول وبين البارات وبعضها.
2- احكام سد التبتيشه (فتحة دخول الكابلات الخارجية لداخل الغرفة) عند مداخل الموصلات.
3- ادخال الكابلات حجرة المحولات وسد جميع الفتحات لحجرة المحولات لعدم السماح بدخول الزواحف.

4- ضرورة استخدام وردة سوستة تحت صامولة ربط اي مسمار في التوصيلات الكهربائية.
الأعطال الممكن حدوثها بمصهرات الجهد المنخفض وقواعدها داخل حجرات المحولات فتنحصر أغلبها في:
1- سوء تصنيع قاعدة المصهر وعدم مطابقتها لجهد التشغيل وحمل المغذي وتيار القصر.
2- عدم وجود السوستة القابضة على نقط التلامس بقاعدة المصهر او سقوطها مما يؤدي الى انفراج نتيجة تركيب المصهر فينتج عنه تلامس غير جيد بالمصهر.
3- عدم احكام رباط القاعدة.
4- عدم تثبيت القاعدة جيداً على الشاسية الحامل لها.
5- عدم تركيب المصهر بطريقة سليمة أو عدم تركيبة حتى نهاية سلاحة داخل شفتي القاعدة.
6- تركيب وربط اكثر من كابل على القاعدة الواحدة.
7- تجاوز الحمل عن الحمل المقنن للقاعدة وبشكل شبه دائم.
8- عدم احكام رباط طرف الكابل بقاعدة المصهر وعدم استعمال وردة السوستة في الرباط.
9- استعمال اطراف كابلات غير مقننه لكل كابل (مثلا طرف كابل 170 ، كابل 185 ... الخ).
10- تركيب تشعيرات من السلك يدويا بدلاً من المصهرات بالقاعدة.
للتغلب على عدم حدوث هذه الاعطال يلزم ما يلي:
1- استخدام قواعد لمصهرات جيدة الصنع.
2- التوصيل الجيد مراعاه وجود السوستة الضاغطة على نقط التلامس مع المصهر بالقاعدة.
3- تركيب المصهرات بطريقة سليمة بحيث يكون المصهر ملامسا تماما لقطع التوصيل بالقاعدة.
4- استخدام قواعد مصهرات مقننه طبقاً لاحمال الكابلات.
5- احكام رباط اطراف الكابلات بقواعد المصهرات.
6- تركيب اطراف كابلات المقننه لكل كابل مع كبس الاطراف كبساً جيداً والتأكد من ذلك قبل التركيب.
7- عدم تركيب تشعيرات بدلا من المصهرات.
8- جودة رباط القاعدة على الشاسية وكذلك جودة ربط طرف الكابل على البارات المغذية.
9- عدم تركيب اكثر من كابل على قاعدة المصهر الواحد (شاسية الجهد المنخفض).
نظرا لأن المصهر أداة متواجدة في غالبية الأعطال والممكن حدوثها بمصهرات الجهد المنخفض والتي قد تظهر عن الإهمال الهندسي في التشغيل أو التركيب على النحو التالي:
1- عدم مطابقة المصهر للمواصفات القياسية.
2- زيادة الحمل عن الحمل المقنن للمصهر.
3- حدوث خلل بالكابلات المربوطة على قاعدة المصهر (مما يؤدي الى انصهار المصهر).
4- تركيب المصهر بطريقة غير سليمة.
للقضاء على هذه الأعطال من قبل ظهورها يلزم :
1- استخدام مصهرات مطابقة للمواصفات القياسية.
2- قياس احمال الكابلات بصفة دورية ومراعاة تناسب المصهر للحمل المقاس على الكابل.
3- تركيب المصهرات بالقاعدة بطريقة سليمة.
بالنسبة إلي الاعطال الممكن حدوثها لكابلات الجهد المنخفض (التوزيع داخل المدن) وهي:
1- احتراق الكابلات داخل الاكشاك أو صناديق التوزيع وذلك نتيجة عددا من الأسباب منها:
أ) سوء كبس الطرف مع الموصل بالكابل.
ب) عدم نظافة طرف الكابل قبل كبسه.
ج) استخدام طرف كابل غير مقنن للكابل (اكبر أو أقل من مقطع الكابل).

2- زيادة الحمل وسوء الرباط بقاعدة المصهر.
3- انفجار الكابل (احتراق) وذلك بسبب: (تعرض الكابل للاصابة (نتيجة اعمال الحفر) - سوء مد الكابل وعدم الحفر طبقاً للمواصفات القياسية - عيب صناعة لأي من أجزاء الكابل).
4- زيادة الحمل عن الحمل المقنن لمساحة مقطع الكابل.
5- وجود طور ناقص وذلك بسبب (وجود قطع باحد موصلات الكابل).
6- مد الكابل بطريقة غير سليمة.
7- حدوث اصابة بالكابل نتيجة مؤثرات خارجية (اعمال حفر).
8- وجود قطع بطرف الكابل داخل صندوق التوزيع.
9- وجود قطع بصندوق الحائط.
10- وجود قطع بوصلة الكابل (المخزون).
11- حدوث خلل بالكابل وذلك بوجود انهيار للعزل بين احد الموصلات بالكابل والموصل الارضي او بين الموصلات وبعضها وذلك قد يكون نتيجة لعدد من الأسباب مثل:
أ) تعرض الكابل للاصابة نتيجة اعمال الحفر.
ب) انفجار الوصلة الموجودة بالكابل (سوء مصنعية الوصلة).
ج) سوء مصنعية الكابل (عيب في صناعة الكابل).
12- وجود أرضي مقطوع بالكابل مما ينتج عن تذبذب في الجهد وارتفاع الجهد في احد الاوجه وانخفاض الجهد في الاوجه الاخرى وذلك بسبب:

جدول رقم 10-18: اصغر قطر مسموح به للانحناء نسبة إلي القطر الخارجي للكابل طبقاً للمواصفات

جهد التشغيل الكابل، ك.ف.	الانحناء (ضعف قطر الكابل)	جهد التشغيل الكابل، ك.ف.	الانحناء (ضعف قطر الكابل)
11	12	33	20
22	15	33	30

أ) عدم اتزان الاحمال الكهربية بالكابل مما يؤدي إلي مرور تيار بالموصل الارضي للكابل.
ب) عدم احكام رباط الموصل الارضي جيداً.
ج) عدم دك (ضغط وكبس) الارض جيداً واستعمال طرف كابل اكبر من مساحة مقطع الموصل.
د) عدم فرد الكابل بالطريقة السليمة أثناء المد.

ولتلافي حدوث الاعطال هذه بالكابلات يجب:
1- اتباع الاسس والتعليمات السليمة بحفر وتخزين ونقل ومد الكابلات بحيث لاتؤثر على صلاحية الكابلات (عدم عصر الكابل) وذلك بتحديد أصغر قطر مسموح به للانحناء نسبة إلي القطر الخارجي للكابل طبقاً للمواصفات القايسية الدولية والمحلية كما جاءت في الجدول رقم 10- 18.
2- استعمال اطراف الكابلات المقننة لكل مقطع.
3- كبس اطراف كابلات بالمكبس المناسب ويلزم كبس كل طرف كبسا نقيا مناسبا لكل مقطع.

4- قياس احمال الكابلات داخل الاكشاك وصناديق التوزيع دوريا طبقاً للبرنامج المحدد لذلك ثم تجميعها ودراستها بطريقة علمية.

5- عدم تحميل الكابلات احمالا اكبر من الحمل المقنن وكذلك موازنة الاحمال بالكابل الثلاثي.

6- متابعة الجهات القائمة بأعمال الحفر في المناطق الموجود بها الكابلات لمنع اصابتها مع التعامل الإداري بالتعليمات عند أعمال الحفر في المواقع التي يمر بها كابلات.

7- احكام رباط اطراف الكابلات داخل صناديق التوزيع وصناديق الحائط والاكشاك واستخدام الورد بسوستة في الرباط.

8- مراعاة الالتزام بعمل الوصلات على الكابلات بالطريقة الصحيحة (المتشون).

أما بالنسبة لصناديق التوزيع (داخل المدن) نستطيع التعامل مع الأعطال التكرارية والتي يمكن أن تحدث بها مثل:

1- احتراق قضبان التوزيع (البارات) وذلك بسبب عدم احكام رباط قواعد المصهرات بالبارات.

2- احتراق قواعد المصهرات (H - R) نتيجة عدم احكام رباط اطراف الكابلات وكذلك عدم تركيب المصهر بطريقة سليمة او تركيب بارات (تشعيرات) بدلا من المصهر المقنن.

3- احتراق الكابلات داخل الصندوق وذلك بسبب زيادة الاحمال الكابل عن الحمل المقنن أو بسبب عدم كبس الأطراف جيداً أو عدم احكام رباط الكابل بقاعدة المصهر.

4- احتراق الموصل الارضي بالكابل وذلك بسبب عدم اتزان حمل الكابل او عدم احكام رباط طرف موصل الارضي.

5- احتراق مكونات الصندوق من بارات وقواعد كابلات وذلك بسبب دخول الحيوانات (فأر - قطة- كلب) داخل الصندوق مما يؤدي الى حدوث قصر داخل الصندوق.

وللتخلص من ظهور اعطال صناديق التوزيع نحتاج إلى:

1- مراجعة رباط قواعد المصهرات بقضبان التوزيع (البارات) داخل الصندوق قبل التركيب.

2- احكام رباط اطراف الكابلات على قواعد المصهرات.

3- استخدام قواعد المصهرات المناسبة لاحمال الكابلات.

4- مراعاة كبس الأطراف داخل الصندوق بأطراف كابلات تناسب مساحة مقطع الكابل المستخدم وكذلك تنظيفها قبل تركيبها لازالة الصدا (الاوكسيد) وكذلك عمل عدد كبسات تناسب المقطع.

5- ربط موصلات الارضي داخل الصندوق واحكام الرباط ومراعاة ابعاد التيار الارضي من الجسم المعدني للصندوق.

6- تركيب حربة الارض مع تركيب الصندوق ومراجعة جودة التوصيل لها بصفة دورية.

7- اجراء اعمال الصيانة الدورية للصناديق.

8- احكام غلق الصناديق جيداً وتركيب اقفال وعدم تركها مفتوحة منعا للعبث بها.

9- مراجعة احمال الكابلات بالصناديق وموازنتها بصفة دورية طبقاً للجهد المحدد لذلك.

صناديق التغذية الصغيرة في شبكات المدن (الكوفريهات) تواجه عددا من الاعطال التي قد تظهر مثل:

1- احتراق الكابلات داخل الكوفرية وذلك بسبب:

أ- عدم كبس اطراف الكابلات داخل الكوفرية جيداً.

ب- عدم تركيب اطراف الكابلات داخل الاسلاك ببعضها.

ج- عدم احكام رباط اطراف العامود الصاعد جيداً باطراف الكابلات.

د- وجود اكثر من كابلين داخل الكوفرية.

2- تركيب الزيادات والاحمال المخالفة بمعرفة المشتركين.

3- زيادة احمال الكابلات بالكوفرية عن الاحمال المقننة لحمل الكابلات.

8- جسم الكفرية مكهرب وذلك بسبب:

أ) عدم عزل اطراف الكابلات داخل اللوفرية جيداً مما يؤدي الي اتصالها بجسم اللوفرية.
ب) وجود كابلات اكثر من اللازم (اكثر من كابلين) مما يصعب تركيب الكابلات داخل اللوفرية.
لضمان سلامة التشغيل الجيد للشبكة وعدم وجود مثل هذه الأعطال نلتزم بالواجبات التالية:
1- مراعاة كبس اطراف الكابلات داخل اللوفرية.
2- كبس اطراف العامود الصاعد داخل اللوفرية.
3- عدم السماح بدخول اكثر من كابلين داخل اللوفرية.
4- احكام رباط اطراف الكابلات وأطراف العامود الصاعد جيدا.
5- وضع تركيب الكابلات داخل اللوفرية بطريقة سليمة بحيث لاتتلامس مع جسم اللوفرية.
6- احكام غلق اللوفرية لمنع العبث بها.
7- مراعاة عدم ارتفاع الاحمال وموازنة الاحمال باللوفرية وتوزيع الاحمال على العامود الصاعد ثلاثي الطور.
8- ضرورة تركيب الحربة الارضي باللوفرية.
كما أن الكابلات داخل المنشآت العالية تتحول إلى مسمى الصاعد أو العامود الصاعد كمغذيات للطوابق العليا بدءا من الأرض وهو ما قد يتعرض لعدد من الأعطال مثل:
1- احتراق اطراف العامود الصاعد داخل الحائط بسبب عدم احكام الرباط بأطراف الكابلات وعدم جودة التوصيل.
2- احتراق موصلات العامود الصاعد داخل المواسير بسبب عدم ملاءمة الاسلاك للاحمال وعدم توازن الاحمال.
3- قطع الموصل الارضي في العامود الصاعد داخل صندوق الحائط بسبب عدم احكام الرباط داخل اللوفرية.
لمنع هذه الاعطال من الظهور يجب الإلتزام بما يلي:
1- ضرورة كبس اطراف العامود الصاعد وتركيب اطراف مناسبة لمساحة المقطع واحكام الرباط مع اطراف الكابلات باللوفرية.
2- مراجعة احمال العامود الصاعد على الثلاث أطوار.
3- مراجعة رباط الموصل الارضي بأرضي الكابل داخل اللوفرية.
4- عدم اضافة احمال جديدة للعامود الصاعد الابعد دراسة الاحمال الحالية ومناسبة الاحمال مع مساحة مقطع الموصل.
يجب أن يتم تركيب أطراف الصاعد من خلال علب لحام أو علبة مصهرات ومن ثم نتوقع بها أعطالا بل واحتراق علبة التغذية نتيجة بعض الأسباب:
أ) ارتفاع الحمل عن حمل مساحة المقطع المقنن.
ب) قيام المشترك بزيادة احماله عن الحمل المدروس والمصرح به عند تركيب العامود الصاعد.
ج) عدم احكام تركيب رباط قطع التوصيل داخل العلبة.
د) عدم استعمال قطع التوصيل وتوصيل الأسلاك الداخلة الي العداد ومع العامود الصاعد بطريقة خطأ.
هـ) احتراق المصهرات المركب داخل علبة المصهرات وذلك لعدم احكام رباط الاسلاك بالمصهر.
للتغلب علي حدوث هذه الاعطال يلزم:
1- تركيب السلك الموصل للعداد بما يتناسب وقدرة العداد.
2- تركيب قطع التوصيل لربط الموصلات العداد بالعامود الصاعد.
3- احكام رباط قطع التوصيل داخل العلبة.
4- تركيب المصهرات المناسب لحمل العداد داخل علبة المصهرات.

ثالثا: الخطوط الهوائية Overhead Lines

ترجع أسباب الفقد الفني Loss في الخطوط الهوائية جهد متوسط ومنخفض أي تلك المتواجدة في الشبكات الكهربية لتوزيع الطاقة الكهربية في المدن إلي:

1- طول الخط

الخطوط الطولية تؤدى الى تقليل القدرة علي تحمل الخدمة لأسباب: زيادة عدد المشتركين لكل حالة انقطاع التيار - الاحتياج لوقت أطول للوصول علي العطل).

2- الهبوط في الجهد

كل ما زاد طول الخط (زادت المسافة) كلما زاد الهبوط في الجهد

3- الفقد في الخطوط

يزيد الفقد في الخطوط بزيادة المسافة حيث أن ظاهرة الفقد المتزايد مع طول الخط تمثل عبءا كهربيا وخصوصا مع المغذيات الفرعية.

4- مساحة مقطع الموصلات

بزيادة مساحة مقطع موصلات الخط الهوائي يقل نسبة الهبوط في الجهد

5- موقع المحول بعيدا عن مركز الأحمال

اختيار موقع المحول غير مناسب (بعيدا عن مركز الاحمال بالنسبة للمشتركين) لذلك فان الجهد التغذية عند المشتركين الذين علي مسافة ابعد من المحول يكون منخفضا.

6- زيادة الأحمال عن السعة التصميمية

زيادة الأحمال تؤدى إلي زيادة الفقد الفعال $3\, I^2 R$ مما يتحول معه إلي طاقة حرارية قد تحدث الضرر البالغ خصوصا مع العزل الكهربي بشكل عام.

7- انخفاض جهد التغذية

عندمايزداد الفقد في الجهد تزيد المفاقيد ومن اجل التغلب علي هذه المشكلة يستخدم معير الجهد عند مصدر التغذية أو محليا بالموقع لرفع الجهد إلي القيمة المقننة

8- الانخفاض في معامل القدرة

إذا قل معامل القدرة يزيد التيار وهذا له التأثيرات الآتية: (زيادة الفقد - إنخفاض الجهد - زيادة التيار)

9- كفاءة العاملين

هناك نوعان من الكفاءة فالأول يمثل الكفاءة الإدارية لإدارة الطاقة أنتاجا وتوزيعا والثاني يعبر عن الأداء الهندسي والتقني وهذا يتمثل في ربط موصلات الخط في الشبكات الهوائية بنظام الجدل وليس باستخدام الوصلات Joints او التلاميات وهو من أكبر الاسباب التي تؤدي الي الفقد في الطاقة الكهربية.

يمكن التغلب علي الفقد في الخطوط الهوائية من خلال:

1 - زيادة مساحة مقطع الموصلات وهذا يتطلب تغيير الاعمدة لتناسب مساحة المقطع الكبير للموصلات وذلك يصعب تنفيذه من الناحية الاقتصادية علاوة علي أنه يرفع من تكلفة الموصلات.

2 - سياسة الإحلال أو التجديد بحيث ان تضاف معدات أخرى (محولات) مما يعني تقليل أو تقصير أطوال المغذيات.

3 - تحسين معامل القدرة بتركيب مكثفات Capacitors.

1 -

2 - عدم استخدام نظام الجدل في الشبكات الهوائية لان الالومنيوم يمتاز بقابليته الكبيرة لامتصاص الاكسجين في اللحظات الاولى لتعرضه للهواء الجوي وسرعان ما تتكون على سطح المعدن طبقة رقيقة جدا من أكسيد الالومنيوم (صدأ الالومنيوم) أوألومنيا Alumina وهي طبقة صلبة عازلة للكهرباء ولذلك يجب استخدام كلامبات أو وصلات وتستخدم في ربط الموصلات من نفس النوع.

حيث أن الموصلات الموجودة في الشبكة من الالومنيوم فان هذه الكلامبات تكون من الالومنيوم أما المسامير والورد والصواميل فمن الحديد المجلفن لوقايته من الصدأ.

رابعا: عدادات الطاقة Energy Counters

تعتبر عدادات الطاقة الكهربائية من أهم الأجهزة التي يعتمد عليها عند المحاسبة على كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة حيث نجد الفقد والأعطال بها متوافرة وهي:

المحور الأول: الفقد Loss

من العوامل المؤثرة على قياس الطاقة الكهربية المستهلكة عدم دقة تسجيل العداد للطاقة الكهربية بما يتناسب مع الحمل وذلك للأسباب الآتية:

1- الخطأ في العداد Counter Errors

يرجع الخطأ في قراءة العداد أو ضبطه فنيا إلي القياس الفني لعدد من المعاملات مثل: (التغير في التردد - التغير في الجهد - التغير في درجة الحرارة). كما توجد بجميع أنواع العدادات عدة أخطاء ترجع إلى خطأ في عملية التجميع والضبط والخواص الكهرومغناطيسية للمواد الداخلية في صناعة العداد علاوة على دقة الجهاز (مستوى الدقة).

2- وسائل ضبط العداد Adjustment

يلزم ضبط كامل لكل الأجزاء من خلال وسيلة ضبط كلا من: (عزم التحكم - الحمل الخفي - الحمل المنخفض - منع زحف القرص).

3- احتمالات الخطأ في قياس الطاقة أو القدرة بواسطة الأجهزة المختلفة

هناك أخطاء تحدث عند قياس الطاقة بواسطة الأجهزة المختلفة نتيجة لوجود قدرة مستهلكة بملفات الأجهزة نفسها وفي القياسات الدقيقة وخاصة مع الاحمال الخفيفة فيجب أن تؤخذ في الاعتبار حيث القدرة المفقودة في هذه الأجهزة يتم طرحها من القدرة المقاسة لتحديد قيمة القدرة الحقيقية للحمل.

4- خطأ القياس نتيجة للفقد بملفات التيار

يرجع خطأ القياس إلى أن قراءة الفولتميتر غير حقيقية لأنها تتبع المعادلة:

قراءة الفولتميتر = قيمة الجهد على الحمل + هبوط الجهد عبر أطراف الاميتر (7-10)

من ثم تصبح قراءة العداد مغايرة للقيمة الحقيقية والتي تعطى سواء بالنسبة لجهاز الأميتر أو لجهاز الفولتميتر:

أ) الفقد الناتج بملفات التيار

هناك حالتين للقياس وهو عند وضع الفولتميتر صحيحا على الجهد وبالتالي ينتج الخطأ في قراءة الأميتر وفي هذه الحالة تكون الطاقة المقاسة هي:

الطاقة المقاسة = الطاقة الحقيقية + الطاقة المستهلكة في ملفات التيار
(8-10)

هي تختلف عن الطاقة الحقيقية والتي تتحدد بالمعادلة:

القدرة الحقيقية = القدرة المقاسة – القدرة المستهلكة بملفات الاميتر
(9-10)

ب) الفقد الناتج بملفات الجهد

القدرة المستهلكة في ملفات الجهدهي النسبة بين مربع الجهد المقاس إلي مقاومة الملف ومن ثم تكون الطاقة المقاسة هي:

الطاقة المقاسة = طاقة الحقيقية + طاقة المستهلكة في ملفات الجهد
(10-10)

حيث انه تكون الطاقة الحقيقة محددة بالمعادلة

القدرة الحقيقية = القدرة المقاسة – القدرة المستهلكة بالفولتميتر
(11-10)

يفضل توصيل الطريقة الأولى للاحمال الصغيرة وبالطريقة الثانية عندما يكون الحمل كبيرا. يحاقب ذلك الفقد بأشكاله التي طرحت نتقابل مع الأخطاء كمحور تختلف علاوة علي تسببها في الفقد أيضا ومن ذلك نضع أهم ما ذكر في الفقد عن وضع المحولات في شبكات المدن وهي ما تدعونا للتعامل معها في البند التالي

المحور الثاني: الأعطال Faults

الاعطال الممكن حدوثها بعدادات حساب الطاقة المستهلكة تكمن في:

1- احتراق روزته (نقاط التوصيل) التوصيل بالعداد وذلك بسبب عدم احكام رباط اسلاك الدخول واسلاك الخروج بطريقة سليمة.

2- احتراق ملفات العداد (ملف التيار)بسبب مرور تيار اكبر من المقنن داخل ملفات العداد.

من أجل منع حدوث هذه الاعطال يجب:

1- احكام رباط اطراف الاسلاك داخل روزته العداد.

2- عدم السماح بمرور حمل اكبر من حمل العداد المقنن (تركيب مفتاح اتوماتيك).

3- ضرورة احكام غلق الغطاء السفلي للعداد وختمه لعدم امكان العبث به.

المراجع References

1- أحمد حسن مجاهد وآخرون: تصميم شبكات توزيع الكهرباء في المدن الكبيرة – تقرير – كلية الهندسة – بور سعيد – مصر – 2004

2- إسلام السيد وآخرون: مخططات التمديد – تقرير – كلية الهندسة – بور سعيد – مصر – يناير 2003

3- آسر علي زكي وحسن الكمشوشي: هندسة الإضاءة – الأسكندرية – مصر .

4- أرميا نجيب وآخر: مراحل إنشاء موقع على الإنترنت عن تصميم الرسم الفردي – تقرير – كلية الهندسة – بورسعيد – مصر 2003

5- التغذية الكهربية – تقرير – كلية الهندسة – بورسعيد – مصر 2000

6- التميمي محمد وآخرون: الدوائر التليفزيونية المغلقة – تقرير – كلية الهندسة – بورسعيد – مصر 2001

7- السيد عبد المطلب يوسف ومحمود أبوالسعود عبد التحكيم: نظام إدارة المباني (Building Management System "BMS") - تقرير – كلية الهندسة – بورسعيد – مصر 2004

8- أنطوان ألفي وآخرون: تصميم شبكات التوزيع في المدن الصغيرة – تقرير – كلية الهندسة – بورسعيد – مصر 2004

9- حميدة بخيت فواز وآخرون: الأخطاء الهندسية - تقرير – كلية الهندسة – بورسعيد – مصر 2004

10- رانيا عبد الرؤوف وآخرون: الليزر وتطبيقاته – تقرير – كلية الهندسة – بورسعيد – مصر 2001

11- رشا محمود فرج وآخرون: هندسة التشغيل "إعادة التصنيع" - تقرير – كلية الهندسة – بورسعيد – مصر 2004

12- شيماء احمد عبده وآخرون: المفاقيد الهندسية - تقرير – كلية الهندسة – بورسعيد – مصر 2004

13- عبد المنعم موسي: السلامة الكهربية في المصانع – الكهرباء العربية – الطبعة الأولى 1997

14- عصام فوزى عمران و محمد حسن عبد العال: دراسة لإستهلاك الطاقة بالسويس - تقرير – كلية الهندسة – بورسعيد – مصر 2004

15- كاميليا يوسف محمد : الإضاءة وتوفير الطاقة – مصر

16- مجلة المهندسون - العدد 49 ، 54- القاهرة .

17- محمد حامد: التركيبات الكهربية – الهيئة العامة للأبنية التعليمية – 1998 – القاهرة .

18- محمد عبد الرحمن مصطفي و علي أحمد محمد علي يوسف: التخطيط من وجهة النظر الهندسية: التخطيط العمراني - تقرير – كلية الهندسة – بورسعيد – مصر 2004

19- محمد محمد حامد: الشبكات الكهربية – الهيئة العامة للأبنية التعليمية – القاهرة – 1999.

20- محمد محمد حامد: الصيانة الكهربائية – الهيئة العامة للأبنية التعليمية - القاهرة – 2001 .

21- محمد محمد حامد: الأحمال الكهربائية – القاهرة - 2000.

22- محمد محمد حامد: الوقاية في الشبكات الكهربائية – القاهرة - 2000.

23- محمد مختار عيسي وآخرون: القواعد الأساسية للأمن الصناعي في مجال الكهرباء بالشبكة الكهربية الموحدة المصرية – وزارة الكهرباء – هيئة كهرباء مصر – مصر.

24- محمود العباسي وآخرون: إضاءة الإستاد – تقرير – كلية الهندسة – بورسعيد – مصر 2002

25- محمود عبد القادر: شركة مصر للتشييد والاستثمار – بور سعيد – مصر

26- مصطفي السيد: رحلة المحركات – البداية والنهاية – مجلة المهندسون – العدد 62 – الكويت – 1998 (33-38)

27- هندسة التبريد والتكييف (المعاهد العليا) – القاهرة – مصر.

28- وجيه جرجس: دوائر التحكم الآلي – القاهرة - 1992
29- JOSEPH F. MCPARTLAND : Electrical Systems Design , NEW YORK ,1956 , Chapters 1, 2 .
30 -V.K.MEHTA: Principles of power system : S. C. Handy Company LTD , RAM NAGER, New Delhi , 1993 , Chapter 2
31 - Michael Neidle : Emergency & Security Lighting – 1988.
32 - V. Privezentsev et al: Fundamentals of Cable Engineering, Mir, 1973.
33 - Recommended Practice for DMX 512, Professional Light & Sound Association (PLASA).
34 - K.B Reina, K.C singal and Y.K Aland (1998): Electrical power transmission and distribution, 2nd Ed, Dhanpat Rai And sons, Delhi, India.
35 - N. V. Suryaga Rayana: Utilization of Electric Power Lighting Technology – A Guide for The Entertainment Industry – Brainfitt & Doe Thornley
36 - Marc Schiler: Simplified Design – Building Lighting – 1992.
37 - Siemens Lighting Catalogue – 1994.
38 - TATA MC GRAW: Electric Power Distribution System – Hill Publishing Company Limited : NEW DELHY : chapter 3
39 - G. G. Tiranovsky: Mechanisms of Cable Works in Energy Projects, vol. 437, Energia, Moscow 1976.
40 - Vacuum Circuit Breakers, Manual, ASEA Brown Boveri, Germany.
41 - WEG TECHNICAL CATALOGUE, (2002).
42- www. power.com.eg
43- www.alaraby.com.eg
44- www.b-tech.com.eg
45- www.carrier.com
46- www.eclipse.modicon.com
47- WWW. ELMACO-EGYPT.COM
48- http://www.englib.cornell.edu/erg/
49- www.graybar.com
50- www.iesd.dmu.ac.uk
51- www.sea.siemens.com , SiemensTechnical Education Program, STEP 2000 series.
52- www.tpub.com ,
53- www.westernpropertyadvisors.com
54- Mohtaz Haggag: Protection in Aeroplane Engine - Report – Faculty of Engineering – Port Said – Egypt 2000.
55- Tamer Ghoneem et al: Electricity of Marin Units- Report – Faculty of Engineering – Port Said – Egypt 2002.

56- AEI Cables Limited : Cables with Reduced Smoke, Toxicity and Fire Protection, 1984, Paris, France.
57- Cayless & Marsdan : Lamps & Lighting
58- M DOUGHTON : Electrical Installations – Advanced Course, Clarendon Press, Oxford, Chapters 2 , 3 , 4 .
59- EGS Electrical Group ECM France, Handbook.
60- Glamox Lighting Catalogue – 1994
61- Farag Abdou Mohamed et al: The reliability in life's fields - Report – Faculty of Engineering – Port Said – Egypt 2004.
62- EL MACO CATALOGUE, Egypt.
63- EL SEWEDY (ELECTRICAL SUPPLIES CO.) Egypt.
64- V. Manoilov: Electricity and Human, Mir, Moscow, 1975.
65- V. Manoilov: Fundamentals of Electric Safety Mir, Moscow, 1975.
66. J. Arrillaga C. P. Arnold & B. J Haraker: Computers Modelling of Electrical Power Systems . Wiley Inter science Publication , John Wiley & Sons, NY,1984 .
67. C. A. Gross: Power System Analysis. John Wiley & Sons, NY, Wiley International Edition ,1979 .